


*Alf Hamnerz
1907*

OM
POLARLJUSET
ELLER
NORRSKENET

AF
SELIM LEMSTRÖM
Professor i Fysik vid Helsingfors universitet

MED 5 PLANSCHER I CHROMOLITOGRAFI OCH 23 FIGURER



Uit Thole bem

13c 065601

f. 400, -

Alf Hamnerz
8/1907

OM
POLARLJUSET

ELLER

NORRSKENET

AF

SELIM LEMSTRÖM

PROFESSOR I FYSIK VID HELSINGFORS' UNIVERSITET

—
MED 5 PLANCHER I CROMOLITOGRAFI OCH 23 FIGURER



STOCKHOLM
ADOLF BONNIER
Kongl. Hof- & Universitetsbokhandlare



Tryckt hos P. Helsingfors



STOCKHOLM
ISAAC MARCUS' BOKTR.-ARTIFABRIK
1886.

FÖRORD.

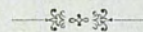
Arbetets plan och orsakerna till dess publicerande innehållas uti inledningen.

Kejsarliga Alexanders-Universitetet i Helsingfors har beviljat mig ett anslag för utgifvandet af en upplaga af 500 ex. med plancher och figurer. Genom förläggarens tillmötesgående har det derigenom blifvit mig möjligt att få till stånd en upplaga på franska språket, hvilken utkommer i Paris på Hr Gauthier-Villars förlag.

Plancherna, som efter författarens utkast och närmare uppgifter blifvit ritade i färger, dels af norske artisten Collet, dels af finske målaren Maerxmontan, hafva blifvit utförda i chromolitografi på Hr F. Tilgmanns atelier i Helsingfors.

Framställandet i bild af ett så rörligt och mångfärgadt fenomen som polarljuset har varit en mycket svår uppgift. Fullständig likhet uppnås ej, men bilderna gifva dock ett temligen tydligt begrepp om fenomenet i verkligheten.

Författaren.



INNEHÅLL.

Förord.	
Inledning	Sid. 1

Första Afdelningen.

I. Om polarljusets allmänna uppträdande	Sid. 5
1. Polarljusets vanliga utseende	„ ”
2. Egendomliga former af polarljus i högarktiska regioner	„ 9
Flamnor omkring fjelltopparne	„ ”
Polarljusflamnor nära jorden	„ 10
Försök angående flammornas natur	„ 12
3. Uppträdande af norrskensartade företeelser på olika orter af jorden	„ 13
Polarljusflamnor iaktagna på särskilda orter	„ 14
II. Om polarljusets periodicitet	„ 16
1. Sekulära perioder	„ ”
De magnetiska variationernas och perturbationernas periodiska förändringar	„ 17
2. Öfverensstämmelse mellan polarljusens, de magnetiska perturbationernas och solfläckarnas perioder	„ 18
3. Polarljusens årliga och dagliga perioder	„ 21
III. Polarljusets geografiska utbredning	„ 22
1. Allmän framställning	„ ”
2. Maximal-zonen och norrskensbältet	„ 23
Maximal-zonens gränser; isocliner och isothermer	„ ”
3. Åskvädrens geografiska utbredning	„ 25
4. A. Nordenskiölds observationer vid Behrings-sund 1878—79	„ 26
5. Observationer från Godthaab på Grönland 1865—80, beräknade af S. Tromholt	„ 30

IV. Polarljusets höjd öfver jordytan	Sid. 33
Mätningmetoder och bestämningar	” 34
Mätningar af särskilda forskare	” 35
De franska mätningarna vid Bossekap och Jupvig	” 36
Mätningar af Loomis	” 36
Mätningar af Christie och Farquarson m. fl.	” 38
Mätning af polarljusets höjd i Godthaab	” 39
Om de använda mätningmetoderna. Bestämningar från Sodankylä.....	” 44
Slutsatser	” 44
V. Allmän öfversigt af jordmagnetismen	” 45
1. Jordens närvarande magnetiska tillstånd	” ”
De magnetiska konstanterna	” ”
2. Magnetiska variationer	” 53
De sekulära variationerna	” ”
Årliga och dagliga variationer	” 54
3. Magnetiska perturbationer eller störningar	” 55
Magnetiska stormar.....	” 56
Perturbationernas motsatta gång på begge sidor om maximal-zonen	” 57
4. Jordströmmarna	” 59
Metoder och observationer	” ”
Lamonts och Airys resultat; iakttagelser i Lappland	” 60
5. Om teorier för jordmagnetismen	” 64
Permanent magnetism och galvaniska strömmar ...	” 65
Det magnetiska lagret magnetiseradt genom jordens rotation	” 69
VI. Om polarljusets verkningar och dess natur	” 70
1. Polarljusets verkningar på telegrafrådar	” ”
2. Om naturen af det ljus, som polarljuset frambringar.....	” 71
Spektral-analys.....	” 72
Fluorescerande egenskaper	” 72
3. Illusioner frambragta af den långa skymningen och polarljus	” 73

Andra Afdelningen.

VII. Polarljusets vetenskapliga förklaring	” 77
1. Historik af äldre teorier	” ”
Reflexions-teorin	” ”
Den kosmiska stoft-teorin.....	” 78
Den magnetiska teorin	” 80
Norrskensbågens läge.....	” 81
2. Den elektriska teorin af Peltier och de la Rive	” 82
De la Rives' teori	” 83
Hufvudpunkter af teorin; tre frågor	” 85

VIII. Om polarljusets elektriska ursprung och källan till den atmosfäriska elektriciteten Sid. 85	
1. Bevisen för polarljusets elektriska ursprung.....	” ”
Elektriska strömmar frambringade af polarljuset	” 86
Likhet mellan polarljuset och ljuset i förtunnad luft	” 87
Bevis från spektral-analysen	” 87
2. Den atmosfäriska elektriciteten	” ”
Tillvaron af atmosfärisk elektricitet och om de lagar den är underkastad	” ”
3. Om källan till den atmosfäriska elektriciteten ...	” 88
Den unipolära induktionen	” 89
Afdunstningen.....	” 90
Afdunstningen och den unipolära ind.	” 91
Verkan af jordens negativa elektricitet	” 92
Slutsatser	” 92
IX. Polarljusens uppträdande omkring jordens poler	” 93
1. De la Rives åsigt är icke tillfredsställande	” ”
2. Jorden och atmosfären i elektriskt hänseende...	” 94
Förberedande satser ur elektricitets-läran. Om den elektriska influencen.....	” ”
Ljusfenomen i luftförtunnadt rum, i geisslerska rör	” 97
Försök med geisslerska rör	” 97
Polarljus-apparaten	” 99
3. Om jorden och atmosfärens högre lager, betraktade såsom ledare	” 101
De begge konduktorernas ställning.....	” 102
Elektricitetens fördelning på de begge konduktorerna	” 104
X. De elektriska strömmarna i luften och experimentel framställning af polarljuset i naturen	” 106
1. De elektriska strömmarna i luften, undersökta genom utströmnings-apparaten	” ”
Om den atmosfäriska elektricitetens uppmätande	” ”
Försöken 1871 och 1882.....	” 107
Försöken 1883—84	” 108
Utströmningsapparaten	” 108
Mätningmetoder	” 109
Apparater och försök i Kultala	” 110
Resultat	” 110
Undersökning af elektriciteten nära jorden	” 112
2. Studium af ljusfenomen, som frambringas af utströmnings-apparaten	” 114
Den meteorologiska karakteren af vintern 1883—84	” ”
Ljus i form af diffusa flammor	” 114
Försök med Holtz' elektricitetsmaskin	” 115
Ljusfenomen i form af stråle	” 117

XI. Den närvarande teorien för polarljuset...	Sid. 119
Fördelningen af den atmosfäriska elektriciteten.....	„ „
Molnens elektricitet	„ „
Den elektriska ström, som frambringar polarljuset	„ 121
Om de orsaker, som utöfva inflytande på konduk-	
torernas inbördes ställning.....	„ 124
Öfverensstämmelse imellan teori och observation	„ 126
Den dubbla periodiciteten.....	„ 131
Om den fortsatta forskningen angående polarljuset	„ 134
Noter	„ 139
Citerade arbeten	„ 170

INLEDNING.

De hastiga framsteg, hvilka den fysiska vetenskapen gör i våra dagar, tillåta oss klarare fatta och förstå de företeelser, hvilka uppenbara sig i atmosfären eller det ofantliga lufthaf, som omgifver vår jord.

Vetenskapen länkar dessa fenomen till sådana, hvilkas lagar redan äro bekanta, och lyckas ofta gifva dem en förklaring.

Icke sällan gifver en sådan sammanställning anledning till utfinnandet af egendomligheter, hvilka låta förhållandena mellan naturkrafterna och deras verkningar klarare än förut framträda. Sådant är förhållandet med polarljuset eller norrskenet såsom ett fenomen, frambragt af elektriciteten i luften.

Allt ifrån 1752, då den berömde Franklin medels en »pappersdrake» lyckades nedtaga en elektrisk gnista från ett åskmoln, har ingen tviflat, att blixten är en elektrisk urladdning, d. v. s. en ofantlig elektrisk gnista mellan tvenne moln eller mellan ett moln och jorden. Denna Franklins gnista var i dubbel mening en strimma af ljus.

Den idé, som vid detta försök ledde Franklin var ingalunda ny. Redan 1735 uttryckte den franske fysikern Abbé Nollet den åsigt, att blixten icke vore annat än en elektrisk gnista, och det är i hög grad sannolikt, att denna uppfattning härrör från den tid, då den berömde borgmästaren i Magdeburg, Otto von Guericke, lyckades för första gången framlocka en gnista från sin elektricitetsmaskin.

Franklins ära förminskas ej häraf, ty vetenskapens historia visar oss, att flere personer ofta utfinna samma tanke; hedern tillkommer den, som förstår att framvisa, att tanken innehåller en verklig sanning.

För att i hela dess vidd uppskatta vigten af Franklins upptäckt, är det nödigt att erinra sig den föreställning menniskan derförinnan gjorde sig om åskan och blixten. Betagen af skräck, skådade hon med undran den för henne ofattliga företeelsen, seende oftast deri ett vredens tecken af öfvernaturliga magter eller en natur-

hemlighet, så mycket mer förskräckande, som hon var fullkomligt okunnig om dess upphof och lagar.

Franklins upptäckt förändrade omedelbarligen detta betraktelsesätt. I vetenskapens ljus har det storartade fenomenet förlorat sin karakter af öfvernaturlighet och gåtfullhet. Forskningen gjorde det, så att säga, till människans egendom, och hos henne vaknade ett lifligt begär att förskaffa sig en djupare kännedom af de lagar, hvilka beherskade detta naturens uppror, och att jemföra det med andra, redan kända företeelser.

Huru många fördomar ramlade icke då, och hvilket jättsteg tog ej menniskoanden framåt för att bortskaka de fjettrar, hvarmed okunnigheten om naturens lagar bundit henne!

Svårare var att finna förklaringen på polarljuset, emedan det fordrade mera omfattande vetenskapliga insigter. Också har det stått nästan oförklaradt intill våra dagar. Den gåtfulla företeelsen slog lifligt an på inbillningskraften, och, såsom fallet var vid åskan, såg man deri något öfvernaturligt och ej sällan ett förebud till allvar-samma och olycksbringande händelser.

Hvem har ej hört talas om de arméer, hvilka man i forntiden såg drabba till samman i luften? Det lider intet tvifvel, att dessa fantastiska uppenbarelser voro intet annat än de vexlande skiftning-arne i polarljuset.

Ett stort antal hypoteser hafva blifvit framkastade för att förklara detta gåtfulla ljus. Det vore ej svårt att citera flere mer eller mindre omöjliga, men vi skola tala om dem senare. Dessa fåfänga försök visa, huru lätt människotanken råkar på villovägar, när hon ej ledes af erfarenhetens säkra ledstjerna.

I den dag som är, tviflar ingen, att norrskenet är af samma ursprung som blixten. Begge företeelserna förorsakas af elektricitetens rörelser i atmosfären; den förra af långsamma rörelser, den senare af häftiga.

Åskan och blixten lära oss, att elektriska företeelser försiggå i luften, och en längre drifven forskning visar oss, att elektriciteten ständigt är i verksamhet i luftlagren nära till jordytan. Vi skulle dock sannolikt länge förblifvit i okunnighet om elektricitetens närvaro i de högre luftlagren, om ej norrskenet hade gifvit oss kunskap derom.

Tydligt är, att ett framgångsrikt studium bör omfatta alla dessa företeelser för att kunna leda till en teori, som förmår göra reda för alla de elektriska verkningar vi kunnat iakttaga, så väl vid jordytan som uti atmosfären.

Denna teori, här liktydig med en fysisk förklaring, stående på erfarenhetens säkra grund, har till mål att gifva oss en klar uppfattning af ett af meteorologiens mest intressanta fenomen.

Polarljuset intager sålunda en betydelsefull plats bland de elektriska företeelserna i atmosfären, och spelar högst sannolikt en stor rol i naturens hushållning.

Men om åskan och polarljuset höra till samma familj, hvaraf kommer det sig, att de uppenbara sig på så olika sätt? Man har med rätta sagt, att naturen ej gör några språng och denna grundsats finner ock här sin tillämpning, ty mellan blixten och norrskenet finnes en mellanlänk, som fått namn af *blixt af andra ordningen* eller i dagligt tal *kornblixt*. Denna har sin orsak uti en elektrisk rörelse, långsammare än den, som förorsakar blixten, men hastigare än den, som är orsak till polarljuset. En hvar har säkert sett dessa plötsliga flammor af en violett-röd färg, som uppflamma på himmeln, och försvinna plötsligt utan att åtföljas af åska. — I högnordiska trakter är man i tillfälle att under åskväder iakttaga blixtrar af ganska stor utsträckning utan att de åtföljas af dunder. Dessa slags blixtrar utgöra just den ofvan nämnda mellanlänken.

Vi hafva således i atmosfären tre slag af elektriska rörelser:

<i>Den vanliga blixten,</i>	<i>Kornblixt</i>	<i>Polarljuset</i>
åtföljd af dunder		

Bland alla dessa fenomen intager jordmagnetismen en vigtig plats, ehuru den är af en helt annan natur än luften elektriciteten. Det stora inflytande den samma utöfvar på de här behandlade företeelserna nödgår oss att i ett särskildt kapitel gifva en överblick af dess vigtigaste partier.

Ändamålet med detta arbete är att gifva en enkel och fullständig framställning af det, som vi på vetenskapens närvarande ståndpunkt veta om norrskenet och framvisa de förhållanden, i hvilka det står till andra kända företeelser, på det att dess studium må blifva tillgängligt för en större krets af läsare.

För att fästa uppmärksamheten vid arbetet, anse vi oss böra framställa de motiv, som föranledt dess sammanskrifvande.

Redan tidigt intresserad af denna gåtfulla företeelse hade författaren af detta arbete lyckan deltaga i den svenska polarexpeditionen 1868, hvars chef var numera friherre Ad. Nordenskiöld. Resan verkställdes på ångskonerten Sofia, kommenderad af friherre F. von Otter, senare marinminister i Sverge. Resultaten af denna expedition, som för öfrigt äro allbekanta, blefvo så uppmärksammade, att geografiska sällskapet i Paris år 1869 och likaledes geografiska sällskapet i London år 1870 tilldelade chefen, friherre Nordenskiöld, en medalj.

Under denna expedition hade författaren, hvars uppgift var att studera jordmagnetismen, tillfälle att göra några iakttagelser rörande norrskenet, hvilka voro egnade att i hög grad modifiera de åsigter

han förut hyst om detta fenomen. Dessa observationer, publicerade på franska uti »Archives des Sciences physiques et naturelles de Genève 1870», fäste den berömde, numera aflidne A. de la Rives uppmärksamhet, och det välvilliga intresse han egnade denna notis var för författaren den bästa uppmuntran att fortsätta i samma riktning.

På bekostnad af Finska vetenskaps-societeten besökte författaren år 1871 finska Lappland och vistades der 6 veckor. Under denna resa blef han i tillfälle att upprepa redan förut gjorda observationer och dertill foga nya. De fleste af dessa blefvo bekräftade och utvidgade af prof. Wijkander under den svenska polarexpeditionen 1872—73 på Spetsbergen.

Under försök att förverkliga en apparat, som på konstgjordt sätt kunde efterbilda norrskenet, observerade författaren, att man kunde frambringa ljusfenomen i så kallade *geisslerska** rör, när de bringades i närheten af en elektricitetsmaskin, försatt i verksamhet.

Utgående från detta sakförhållande konstruerade förf. efter en serie af försök 1875 en apparat för artificiellt frambringande af polarljuset. Denna beskrifves längre fram under namn af *norrskens-apparat*.

I medlet af 1870-talet föreslog den så tidigt bortgångne löjtnant Weyprecht, efter sin återkomst från den äfventyrliga, men ärofulla österrikiska polarexpeditionen, understödd af den berömde greve Wilczek, ett internationellt företag, hvars ändamål skulle vara att utföra samtida fysiska forskningar uti polartrakterna.

Det är bekant, att detta företag, som är en ära för menskligheten, blef utfördt 1882—83. Öfverallt fann det samma lifliga sympatier, och resultatet af de skilda stationernas arbeten komma snart att offentliggöras.

Bland de elfva deltagande staterna var äfven Finland, som inrättade en station i Sodankylä i Finska Lappland.

Författaren, som af Finska Vetenskaps-societeten utsågs att ordna denna stations arbeten, hade dervid tillfälle att fortsätta sina forskningar angående polarljuset.

Genom de försök, som derunder utfördes, blef frågan om polarljusets natur öfverförd från hypotesens område till verklighetens. I stället för mer eller mindre sannolika förklaringar, hafva trädtt obestriddliga vetenskapliga fakta.

I slutet af arbetet tillfogas noter, hvilka behandla några punkter på ett mera genomgående sätt, hvarjemte en förteckning tillfogas öfver de författare, hvilka blifvit citerade.

* Ett geisslerskt rör är ett glaströr, genomborradt i bägge ändar af platina- eller aluminiumtrådar. Luften i rörets inre är starkt förtunnad, och ändarne tillsmälta.

FÖRSTA AFDELNINGEN.

I. Om polarljusets allmänna uppträdande.

1. Polarljusets vanliga utseende.

De fleste hafva säkerligen någon gång varit i tillfälle att se ett polarljus eller norrsken! Det börjar vanligen med en gulhvit ljusbåge, hvars högst belägna punkt ej sällan ligger i den magnetiska meridianen, d. v. s. i den riktning, som utvisas af kompassnålen. I sydliga trakter, t. ex. mellersta Europa, inskränker sig fenomenet oftast till denna ljusbåge, men kan äfven någon gång utveckla sig på ett ganska praktfullt sätt. Denna utveckling består deri, att mångfärgade ljusstrålar uppstiga med betydande hastighet, hvarvid deras ändar, efter att hafva öfverskridit zenith, understundom bilda en ganska regulier figur, liknande en krona, som därför fått namn af *norrskenskronan*.

Det nu beskrifna fenomenet kan betecknas såsom polarljusets allmännaste form på alla orter af jorden. Strålarnes färger och former kunna förändra sig mycket; oftast utgöras de dock af långsträckt smala band, hvilka nedtill äro gulhvita, men högre upp på himmelen antaga en grönaktig färgton, för att slutligen öfvergå till blodrött och violett. Icke sällan sluta de ofvantill uti röda utbredda flammor. Kronan är oftast blodröd, men kan ock stundom visa andra färger. I polartrakterna, der norrskenet uppenbarar sig snart sagdt hvarje natt under vintermånaderna, äro dess former mycket omvexlande.

I alla reseberättelser öfver polarfärder skall läsaren finna beskrifningar öfver polarljuset, och det vore mycket lätt att återgifva ett stort antal.

Emedan norrskenets form dock är af jämförelsevis underordnad betydelse, så skola vi inskränka oss till att framställa

de allmännaste och för den vetenskapliga förklaringen viktigaste former. För detta ändamål välja vi några af de norrsken, hvilka vi varit i tillfälle att iakttaga under resor i dessa trakter. Antalet af dessa iakttagelser är nämligen så stort, att de hufvudsakliga formerna deri innefattas.

Den 15 oktober 1868 låg svenska ångbåten Sofia på nedresa från Spetsbergen utanför den ödsliga ön Beeren Eiland. En häftig ostlig storm upprörde polarhavvet, hvars väldiga vågor bröto sig mot en undervattensbank, ofvanom hvilken fartyget för tillfället låg. Tidtals vräktes de öfver fartyget, qvarlemnande för hvarje gång ett lager vatten, som hastigt stelnade och ökade den betydliga ismassan på fördäcket.

Det skådespel, som det upprörda hafvet vid detta tillfälle erbjöd, under den korta skymning, som vid denna årtid ersatte dagen, var i hög grad storartad. Den förhöjdes dock än mera under nattens mörker genom den dystert hemlighetsfulla belysning, som förlänades det samma af polarljuset.

Den ifråga varande aftonen inträffade, något före midnatt, att ett mörkt moln började höja sig i söder öfver horisonten på den halfklara himmelen, från hvilken stjernor här och der framträdde. Då det framskridit omkring 60° öfver horisonten, började dess öfre kanter lysa med ett gulaktigt ljus, hvilket blef allt lifligare, och efter några ögonblick utslungades i gult och grönt skiftande rödvioletta ljusstrålar, hvilka i närheten af zenith bildade en hastigt försvinnande norrskenskrona. För ett kort ögonblick upplystes hafvet af detta magiska ljus och tillät ögat skåda in uti ett oredigt virrvarr af skyhöga vågor, hvilkas skumhöljda toppar brusande störtade framåt mot skeppet, som var prisgifvet åt deras lek. En dånande musik utfördes på samma gång i fartygets tackel och tåg af stormen.

I ett ögonblick var ljuset åter försvunnet, qvarlemnande ett mörker, som föreföll dystrare än förut.

Den 18 oktober hade ångbåten efter en hård kamp med storm och sjögång nalkats Norges kuster och arbetade sig långsamt framåt uti en ihärdig motvind. Vid den vestra randen af horisonten sträckte sig tvänne molnlager, mellan hvilkas yttersta ändar mot norr ett blekgult ljusband tydligt aftecknade sig på den klara himmelen mellan dem. Detta var den obetydliga början till ett polarljus, som uti prakt skulle öfverträffa alla hittills under denna resa iakttagna företeelser af detta slag.

Småningom började äfven det öfre molnlagrets kanter ljusna i samma färgton, och slutligen att utslunga enstaka ljusflammar, hvilka understundom nådde zenith. Detta var blott ett litet förspel, ty på en gång, inom förloppet af några minuter, hade fenomenet utbredt sig rundt omkring hela horisonten. Från alla håll utgingo strålar, lifligt färgade, nedtill i gulhvitt, som något högre upp öfvergick till en färgton i grönt och öfverst i rött och violett. Under ett kort ögonblick förenade sig alla dessa strålar till en lifligt färgad, mycket regelbunden krona, som aftecknade sig på himmelen något söder om zenith. Under det fenomenet var som mest utveckladt, gaf det hela intrycket af ett vidsträckt tempel-hvalf, i hvars midt en sirlig krona blifvit tecknad.

Sedan detta praktfulla fenomen, som endast varade några få minuter, upphört, fortfor det ofvannämnda ljusbandet mellan molnlagren. Från det öfre utslungades efter korta mellan-skof, inom ett bälte af några få grader, polarljusstrålar, hvilka nådde zenith och där bildade fragment af en krona. Efter det dessa strålar upphört, fortforo dock molnkanterna att lysa. *Planchen I* gifver en svag bild af denna företeelse i det ögonblick den var som mest praktfull; endast en del af horisonten har kunnat upptagas, det öfriga måste läsaren i tanken fylla.

Det nu beskrifna fenomenet måste anses som den mest utbildade form af polarljuset, som kan förekomma. Vi skola med anledning deraf något närmare uppehålla oss vid det samma.

På *planchen* framställes norra delen af horisonten; nederst hafva vi en mörkblå himmel, som antagit en färgton, något mörkare än vanligt. Denna egendomlighet, som äfven uppträder vid mindre utvecklade polarljus, har fått namn af det *mörka bandet* under norrskensbågen och är med hög grad af sannolikhet endast ett fenomen, beroende af kontrasten mellan den belysta och icke belysta delen af himlahalvvet. Derefter kommer den *hvitgula basen* och sedan *strålarne* eller *banden*. På *planchen* synas dessa här och der åtskilda af mörkare strimmor, hvilka, ehuru det ej synes af figuren, kunna blifva så breda, att de framstå som verkliga strålar. Dessa kallas mörka strålar och förorsakas likaledes högst sannolikt af kontrasten.

Kronan, som på *planchen* endast är till hälften aftecknad, är för tillfället mycket regelbunden och till färgen blodröd, med en fläck i midten, omgifven af en gulaktig ring. I verkligheten voro de från kronans ring utgående sido-

strålarne något *större* till antalet; men den hufvudsakliga formen och färgen angifves dock tydligt af figuren.

Planchen II framställer ett i praktfulla färger strålände norrsken, som iaktogs i finska Lappland den 19 november 1871 eft. m. Det började med en båge i norr, 30° öfver horisonten, hvarifrån strålformiga band höjde sig uppåt. Småningom började äfven sjelfva bågen höja sig, och då den uppnått omkring 75° öfver horisonten, syntes fenomenet så, som planchen utvisar. På en klar, dunkelblå, med stjernor beströdd himmel uppstego från en vitgul bas snedt liggande norrskensstrålar, skarpt begränsade och särdeles lifligt färgade.

I allmänhet äro färgerna i polarljuset mycket skära och klara, om luftkretsen är ren och klar, men vid detta tillfälle var egenskapen i så hög grad utvecklad, att ögat med tjustring fängslades vid dem.

Efter det ljuset en kort stund visat sig sådant det på planchen framställes, började strålarne förlängas och då de uppnått zenith, syntes åter en vackert färgad och ganska regelbunden krona, och det, oaktadt de strålar, af hvilka den bildades, ej upptogo mera än en liten del af himlahalvvet.

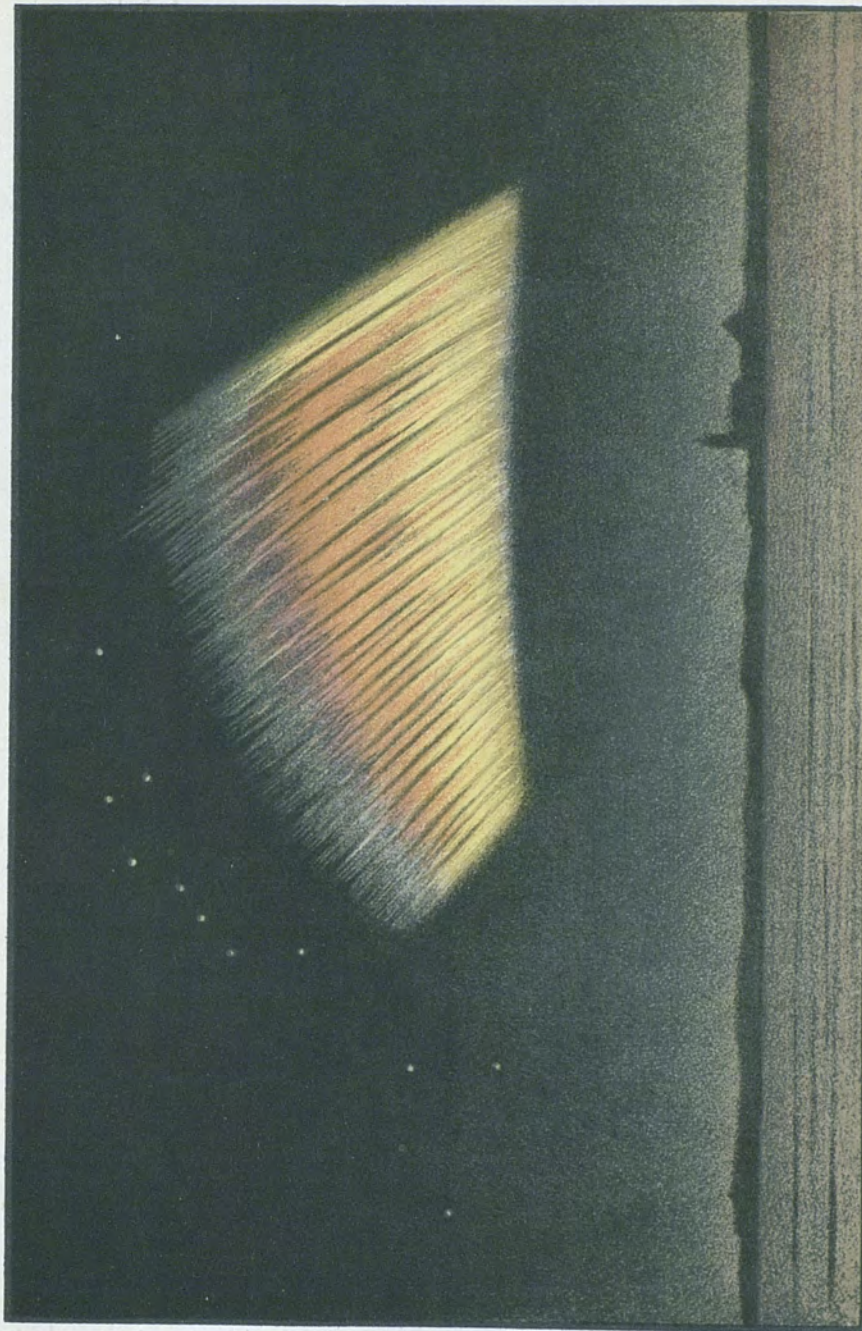
Uti de former af polarljus, som nu blifvit beskrifne, ingå städse strålarne som en viktig del, ehuru de alltid fortvara kortare tid än den vitgula båge, som utgör deras bas. Icke sällan uppträder norrskenet, i synnerhet i polartrakterna, i form af *böjande ljusband*, liknande en lång slöja, utsträckt öfver himmelen, vanligen i riktningen öster till vester.

Ofta iakttagas dylika band med några strålar just i böjningen, hvilket tyder på, att bandet, åtminstone på detta ställe, utgjorde bas för strålar.

Ett sådant bandartadt polarljus börjar vanligen vid horisonten och höjande sig småningom uppåt under vågformiga rörelser, öfverskrider det zenith, hvarefter det aftager och försvinner.

En egendomlig art af detta fenomen synes på *planchen III*. Det iaktogs invid Enare prestgård den 16 november 1871. Det är tydligen ett band, som blifvit dubbelvikt, liknande en i slinga kastad slöja. Sjelfva slingan omfattade zenith och ändarne, hvilka stötte något i gult och grönt, utgingo smidigt mot öster och vester.

En annan form af polarljuset visar sig ej sällan i nordliga trakter. Det framträder oftast under ett moln och kan enklast förliknas vid ett *bredt draperi*, som i lätta veck faller ned ifrån molnet. Det är sannolikt ett norrsken, hvars öfre



ljuspartier ligga bakom moln, och man kan tydligen se, att de band, som uppträda under molnet, påminna om verkliga strålar.

2. Egendomliga former af polarljus i högarktiska trakter.

Flammor omkring fjelltopparne.

De hittills beskrifne norrskensföreteelser göra, till följd af sin prakt och jmförelsevis stora utbredning, det starkaste intryck på betraktaren. I polartrakterna kunna äfven spåras andra företeelser af polarljusartadt ursprung, hvilka genom sin egendomlighet äro egnade att tjena som stöd vid den vetenskapliga förklaringen, hvarför de här skola närmare beskrifvas.

Ofta kan man under senhösten på en delvis molnbetäckt himmel iakttaga lysande molnkanter, utan någon egentlig regelbundenhet. Ljuset, som ofta är ganska intensivt, är gulhvitt till färgen och vanligen synligt på den öfre molnranden; någon gång visar det sig som ett strimmigt band mellan tvänne molnkanter.

Planchen IV framställer en företeelse, som är vanlig på Spetsbergen, och äfven i Lapplands fjelltrakter. Om luften ej är klar utan något dimmig, så synes ofta omkring fjellspetsarne ett hvitt, oredigt ljus, som något höjer sig uppåt i den dimmiga luften och vanligen omgifver den öfversta delen af fjelltoppen eller fjellkammen.

Utän beväpnadt öga vore det dock rent af omöjligt att afgöra om ursprunget till detta ljus, men med tillhjälp af ett *spektroskop* kan man med visshet sluta till, att det är af samma ursprung som polarljuset.

Understundom visar sig detta fenomen i form af mycket ljussvaga flammor, hvilka med korta mellanskof synas fladdra upp från fjelltoppen och småningom försvinna i luften. Vid ett tillfälle iakttogos uti Lappland (1871) dylika flammor och bestämdes med spektroskopets tillhjälp såsom varande af polarljusartadt ursprung. Ej nog dermed; en afton, då luften var något oklar, kunde dylika företeelser iakttagas snart sagdt öfverallt rundt omkring observationsplatsen, på taket af ett

hus, hvilket för tillfället, likasom marken rundt omkring, var snöbetäckt; vidare från isen af en närbelägen insjö, och slutligen från snön rundt omkring observatorns närmaste omgifning.

Polarljusflammor nära jorden.

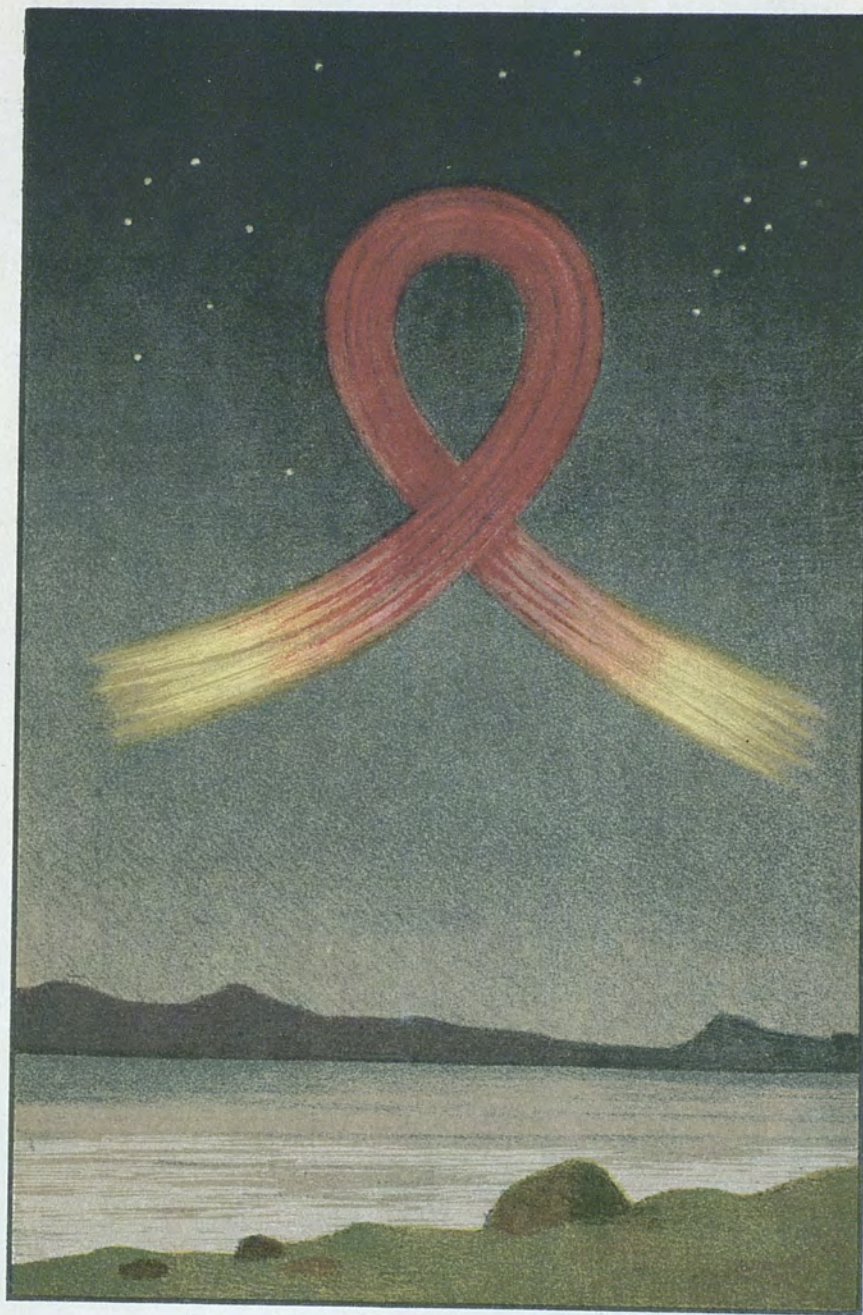
Under polarforskningsåret 1882—83 voro medlemmarne af den finska polarexpeditionen många gånger i tillfälle att observera dessa egendomliga ljusföreteelser.

Polarljuset visade sig i Sodankylä ofta med en hög grad af intensitet, men dess form förändrades ej synnerligen mycket. Det började vanligen med en svag båge i norr, som snart utvecklade sig till båge med strålar, och någon gång till draperier, utsträckta från öster till vester, oftast med en vridning mot norr. Färgerna uti dessa draperi-norrsknen förändrades ganska litet, så att man med spektroskopet vanligen endast urskiljde den gulgröna linien. Oftast hade fenomenet en gulvit färg, som visade en dragning i grönt.

Af större vetenskapligt intresse än dessa fenomen, var, att man vid många tillfällen och i alla möjliga riktningar kunde iakttaga norrsknets karakteristiska spektrallinie, (våglängd $\lambda = 5569$) utan att norrskenet någonstades visade sig. Emedan denna spektralreaktion uppträdde äfven då jorden icke var betäckt med snö, så kan här icke blifva fråga om en reflexion från jorden, utan förhållandet var, att observationerna utfördes midt uti en norrskens-urladdning, som var så svag, att den icke kunde visa sig i form af verkligt norrsknen. Det var sålunda samma märklige företeelse, som observerades i Enare 1871 och som ofvan (sid. 8) blifvit beskrifven.

De regelbundna observationerna af denna företeelse utfördes nästan alltid af assistenten, Biese, som äfven upptäckte en annan egendomlighet: Nästan rakt i sydost från stationen erhöles norrsknets spektralreaktion från ett smalt band af himmelen vid horisonten, utan att något polarljus var synligt. Jag hade tillfälle att bekräfta denna iakttagelse, som för öfrigt erbjöd svårigheter, emedan ögat, för att kunna se det svaga ljuset, måste omsorgsfullt under flera minuter skyddas för allt främmande ljus.

Uti samma riktning befunno sig några fjelltoppar (höjd omkring 300 meter) på ett afstånd af 20 å 30 kilometer, och det är mycket sannolikt, att spektralreaktionen frambringades af sådana flammor, hvarom vi förut talat, och hvilka framträda omkring bergtopparna i Lappland och på Spetsbergen.



Man har någon gång under natten i polartrakterna iakttagit ett högst egendomligt ljus, d. v. s. att det nattliga mörkret förminskats utan synlig orsak. Det är dock ej så alldeles lätt att öfvertyga sig om ljusets tillvaro, i synnerhet till följd af den långa skymningen i dessa trakter, hvarest dagern småningom aftager under flere timmar och gör öfvergången till natt knappast märkbar. Har man imellertid en gång varseblifvit detta ljus, så är det ej mera möjligt att taga miste om dess tillvaro. Redan i oktober 1882 iakttog jag detta ljus och fäste observatörernas uppmärksamhet derpå, och här nedan citeras de anteckningar jag vid ett tillfälle nedskref omedelbart efter observationerna:

Den 9 december 1882.

Den nordiska natten erbjuder ofta ett egendomligt fosforescerande ljus, som framträder under något olika former. Det är ett hvitt ljus med dragning i gult och som kan göra natten i polartrakterna lika klar som om den vore upplyst af månen, lindrigt beslöjad af moln. Se här början och gången af detta högst intressanta fenomen, sådant jag iakttog det under nätterna den 6 och 8 december, vid hvilka tillfällen det visade sig med hög intensitet. Den 6 december genomreste jag en skog på en kortare färd. Sedan skymningen helt och hållet hade försvunnit, återstod endast så mycket ljus, att man med möda kunde urskilja de omgivande föremålens konturer, hvilket varade till kl. 7 eft. m. Vid 7^t 40^m förändrades allt plötsligen, så att föremålens konturer framträdde uti ett gulhvitt ljus, något dimmigt och af mycket föränderlig intensitet. Detta ljus fortvarade sålunda flere timmar.

Den 8 december syntes kl. 5 e. m. ett hvitgult ljus af föränderlig styrka omgifva hela horisonten, men redan efter 20 minuter hade det i hög grad tilltagit uti intensitet. Det uppträdde starkast i norr och aftog småningom mot söder, hvarest dess intensitet var svagast. Nära horisonten kunde man med svårighet urskilja stjernorna, högre uppåt såg man dem något bättre och från 60° mot zenith var himmelen klar, men af blekgrå färg. Jemförelsen af detta ljus med vintergatans var ganska intressant. Det gulhvita ljuset skilde sig från dess ljus mycket tydligt, i synnerhet på de orter, der vintergatan trädde ut från det förstnämnda. Detta ljus fortfor till 7 e. m., då ett norrsken med ganska hög intensitet visade sig och fortfor ända till kl. 9.

Dessa ljusfenomen gäfvö ej den vanliga spektralreaktionen med de instrument, som stodo oss till buds, men det är

sannolikt, att man skulle kunnat observera det, om vårt spektroskop hade varit mindre absorberande. Sålunda gaf vid ett annat tillfälle ett spektroskop med 4 prismer icke denna reaktion, under det man ganska tydligt kunde spåra den med ett annat, försedt med endast 2 prismer. Det finnes därför intet skäl att *ej* betrakta dessa ljusfenomen såsom varande af samma natur som norrskenet.

Efter den erfarenhet, som förvärfvades 1882—83, kunde man vänta sig samma företeelser det följande året 1883—84, men det visade sig helt annorlunda.

Detta senare år var ett undantagsår i alla hänseenden. En så blid vinter som den af år 1883—84 är en mycket sällsynt företeelse i Lappland. Nederbörden var visserligen icke stor till mängden, men derimot nästan beständig i form af regn eller snö. Se der den allmänna karakteren!

Under dylika omständigheter visade sig i fråga varande ljusföreteelser mycket sällan. De kunna studeras endast vid klar himmel och dertill erfordras derjemte, att månljuset icke uppträder hindrande, ty dessa svaga ljusflammar fördunklas lätt af äfven ett mindre starkt månljus.

Antalet af norrsken nådde ej $\frac{1}{10}$ af det för denna breddgrad vanliga, och dessutom var det lilla antal, som visade sig, med ett par eller tre undantag mycket svagt.

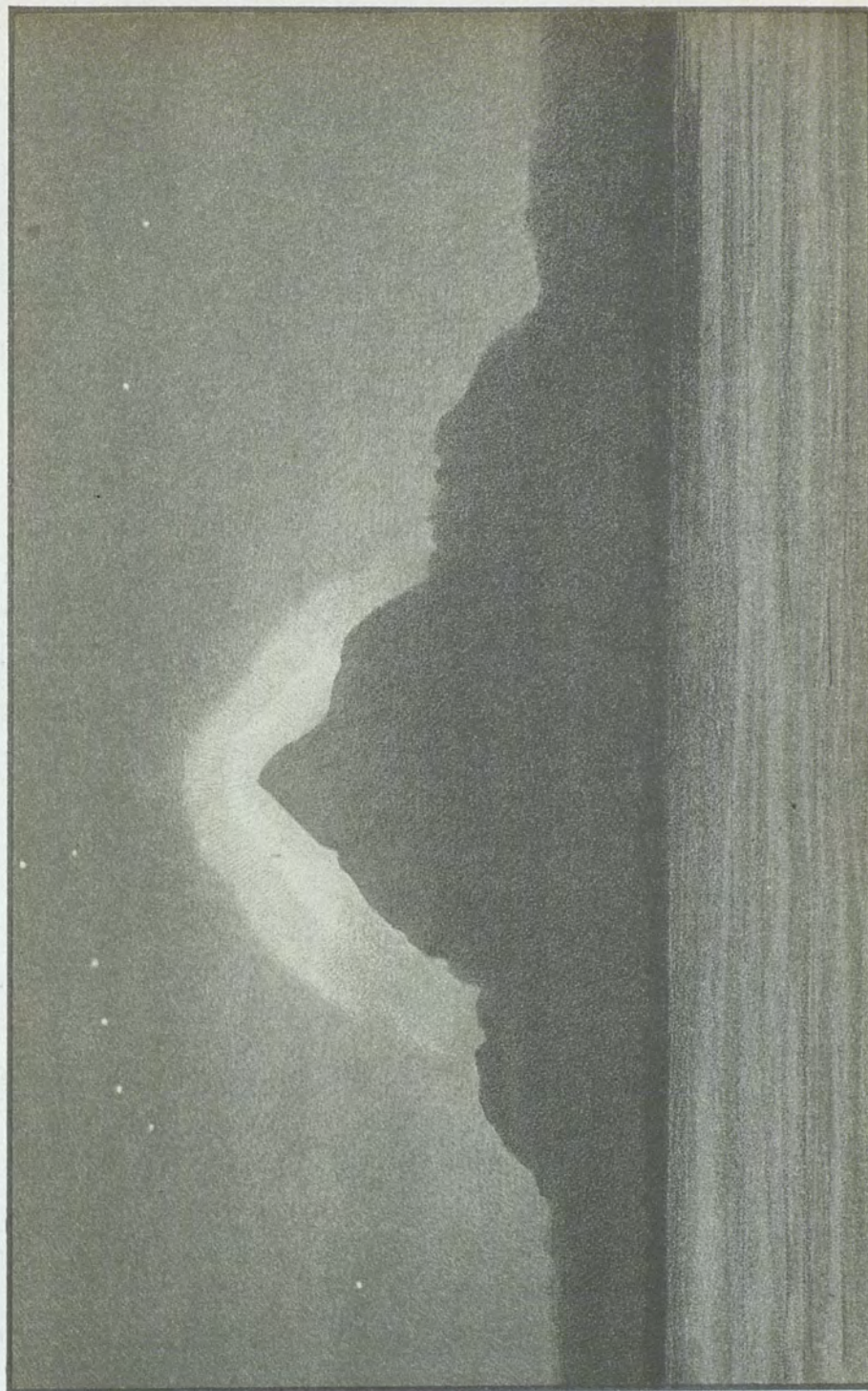
Under vintern 1882—83 var det ingen svårighet att resa i den tätaste skog under natten, men den följande vintern voro nästan alla nätter fullständigt mörka när månljuset var borta.

Försök angående flammornas natur.

Det inträffade dock några undantag, ehuru sällsynta. I november förekommo några klara eller åtminstone något uppklarnande aftnar. Vi begagnade oss deraf för att studera flammorna eller det diffusa ljuset, för att med så stor säkerhet som var möjligt, kunna sluta till, om det härledde sig ensamt från reflexion, eller om det frambringades i sjelfva luften.

Den 20 november kl. 7 eft. m. visade spektroskopet norrskenslinien mycket klart i alla riktningar och i synnerhet när det riktades mot snön:

När instrumentet riktades mot en vägg, svärtad af ålder, kunde reaktionen ännu iakttagas på ett afstånd af 10 steg; mot en gråaktig vägg kunde den ses på mycket kortare af-



stånd. Riktades åter instrumentet mot ett hvitt hängande tygstycke, så kunde man närma det till det samma ända till några centimeters afstånd, utan att den gula linien försvann.

Det är alldeles tydligt, att reflexionen gjorde sig märkbar i de begge senare fallen, men det synes vara likaså tydligt, att luftlagret mellan den svarta väggen och instrumentet utstrålade ljuset i första fallet.

Om den erhållna reaktionen hade sin orsak *endast* i det ljus, som reflekterades från snön, så borde den betydligt förstärkas, om reflexionen skedde från en spegel; men det var omöjligt att finna någon skilnad uti intensitet hos den gulgröna linien, när spegeln lades på snön och spektroskopet riktades ömsom mot *spegeln* och mot *snön*.

Dessa iakttagelser äro betydelsefulla för bestämmandet af polarljusets höjd öfver jordytan. Vi återkomma till dem vid den vetenskapliga förklaringen.

Vi vilja slutligen ännu citera ett märkligt sakförhållande, hvars närmare skärskådande blir af nytta.

Ett norrsken börjar med en båge af gulhvitt färg, från hvilken breda flammor och mer eller mindre sammanträngda strålar uppstiga ända öfver zenith. Detta fenomen kan uppträda på en himmel utan moln, men om natten är lugn, så kan man följande dag se molnartade band, lindrigt upplysta, sträcka sig i samma riktning som förut flammor och strålar. Det synes oss tillåtet att deraf draga den slutsats, att ljuset frambringas på en höjd nära molnregionen, och att det åtföljes af en kondensation af vattenångor till fina droppar eller kristaller.

3. Uppträdande af norrskensartade företeelser på olika orter af jorden.

Tillvaron af polarljusartade fenomen annanstädes än i polartrakterna måste anses vara satt utom allt tvifvel. De äro dock ganska sällsynta, lika sällsynta som sjelfva polarljuset, men de äro därför ej mindre viktiga för den vetenskapliga förklaringen. Vi skola såsom exempel redogöra för några iakttagelser af detta slag, med tillägg, att det ej skulle möta några svårigheter att ur reseberättelser och tidskrifter hopsamla ett ganska betydligt antal.

Polarljusflammor iaktagna på särskilda orter.

I Peru, Bolivia och Chili iakttages ofta längs fjellkammarne ett egendomligt skimrande ljus, hvilket af vetenskapsmän, som iakttagit det, blifvit jemfördt med det ljus, som visar sig uti kornblixten. Det börjar strax efter solnedgången och varar intill midnatt. Understundom höjer sig fenomenet några grader öfver horisonten, som kantas af bergens ryggar. Det iakttages tydligast under sommarnätterna, utan att dock uppträda hvarje natt; det upphör till en tid, för att derefter åter visa sig, vanligen med större styrka i början.

Ehuru vi sakna afgörande bevis för detta fenomens polarljusartade ursprung, så tveka vi dock ej att uttala vår åsigt, att så är fallet. Denna åsigt delas dessutom af flere forskare, hvilka varit i tillfälle att sjelfve se fenomenet. Vi hafva här en långsam elektrisk urladdning, likartad med den, som försiggår i norrskenet.

De egendomliga förhållanden, som uppträda i dessa trakter, synnerligast i öknen Atacama, belägen delvis i Chili, delvis i Bolivia, gifva äfven stöd för denna åsigt. Uti denna öken förekomma åskväder mycket sällan, hvaremot elektriciteten i luften är af en sådan intensitet, att resande, som färdas derigenom, mycket besväras af den samma. Så t. ex. är det ganska vanligt att iakttaga ljusflammor på örönspetsarne af de lastdragande djur, som användas. Äfven på de resande sjelfve synas dylika ljuslagor på utstående spetsar. Luften är så torr, att den starka afdunstning, som derigenom förorsakas, blifver i hög grad besvärlig, men denna torrhet är tydligen särdeles gynsam för de beskrifna elektriska företeelserna. ^{(1)*}

På de schweiziske Alperna hafva likartade iakttagelser ej sällan blifvit gjorda. Det har t. o. m. inträffat, att personer, bland annat den berömde Saussure, råkat befinna sig midt uti en sådan elektrisk urladdning, hvarvid den utströmmande elektriciteten kunnat spåras från utstående föremål, t. ex. en käpp, äfvensom på de resandes egna personer, i form af denna egendomliga stickande känsla, hvilken åtföljer en elektrisk gnista, som utgår från människokroppen. ⁽²⁾

Dylika företeelser hafva äfven blifvit observerade på högplatåerna i Mejico med flere orter.

* Siffrorna hänvisa till "förteckningen öfver citerade författare" i slutet af arbetet.

Det är dock företrädesvis i nordnen, som de mest förekomma, och, utom de fall, som vi redan beskrifvit, skola vi ännu tillägga följande.

En i nordnen bekant naturforskare, Malm från Göteborg, var stadd på en resa 1842 uti Skandinaviens nordliga Lapp- och Finnmarker. Härunder hände sig, att han under stark köld (han uppgifver — 45°) måste ligga öfver en natt på sjelfva fjellet. Under denna natt visade sig en polarljusartad företeelse. Bandartade strålar uppstego från fjellplatån och så nära intill observatorn, att de tydligen befunno sig mellan honom och ett närbeläget fjell. Ett brusande ljud kunde på samma gång tydligen höras.

Ett ej ringa uppteende väckte den iakttagelse, som gjordes af Hr P. Roller, hvilken under belägringen af Paris uppsteg i en luftballong och kom ned i fjellbygden Lide i Norge, 1300 meter öfver hafvet, i anseende till de äfventyrliga omständigheter, hvarunder den gjordes. Berättelsen härom lyder på följande sätt: ⁽³⁾

»Genom en dimma, som var temligen gles, kunde man tydligen se polarljusstrålar framskimra, utbredande ett egendomligt ljus öfver de omgifvande föremålen; snart hördes äfven en ton, ett brusande ljud af eget slag. Efter det brusandet inom kort upphört, märktes en besynnerlig, ganska stark, nästan qväfvande lukt af svafvel.»

Under pågående norrsknen iakttog den bekante fysikern Brewster en flamma på tornet af en kyrka.

Under en resa i polartrakterna iakttog konungen af Sverge, Oscar II, en dylik flamma på skeppets masttoppar, under det ett norrsknen utvecklade sig rundt omkring observationsorten.

Likartade företeelser sågos ombord på skeppen Webfort och Southern Cross i närheten af kap Horn under det att det glänsande syd-polarljuset af den 1 sept. 1859, utvecklade sig på himmelen. ⁽⁴⁾

Ur alla dessa iakttagelser, hvilkas antal, såsom ofvan nämndes, utan svårighet kunde betydligt förökas, framgår

1:o. Att företeelser af samma natur som polarljuset frambringas öfver allt;

2:o. Att de äro mer eller mindre talrika i särskilda trakter af jorden och

2:o. Att de tidtals visa sig så nära jorden, att deras höjd deröfver knappast uppgår till ett tio- eller hundratal meter.

II. Om Polarljusets periodicitet.

1. Sekulära perioder.

I allmänhet kan polarljuset sägas visa sig hvarje årstid och hvarje timme, men antalet och intensiteten af företeelserna äro underkastade förändringar.

Alla år äro icke lika rika på polarljus, och stora variationer visa sig i detta hänseende. Man har med full visshet ådagalagt, att polarljuset är underkastadt *periodiska* förändringar.

Ehuruvi ingenstädes på jorden ega en observationsserie, som skulle omfatta ett helt sekel, så har man icke dess mindre lyckats, genom lämplig anordning af observationer, gjorda i olika länder och på olika tider, framvisa en ganska sannolik lag för norrskenens periodiska vexlingar.

Dessa observationer hafva blifvit samlade uti publikationer af vetenskapliga institutioner och enskilde forskare. De omfatta delvis samma tidrymder, men största delen hänföra sig dock till olika tider, och det har sålunda blifvit möjligt att bilda en temligen fullständig serie, omfattande nära 200 år.

Alla dessa serier af observationer hafva blifvit samlade uti ett nyligen utkommet arbete af *Fritz*. (⁴, ⁵) Deri ingå de dyrbara samlingarne af *Wolf*, *Mairan*, *Loomis Löve-ring*, *Argellander* m. fl. äfvensom serier från New-Haven och Boston 1742—1854, Upsala 1716—1762, St Petersburg. 1726—1743 och 1755—1811 samt flere andra orter.

Med tillhjälp af detta utmärkta arbete kunna vi erhålla en fullständig öfverblick af resultatet, som härflutit ur en jemförande granskning af förenämde serier.

Vid ett studium af förteckningarne finner man genast en förändring i polarljusens antal omfattande en tidrymd af omkring 11 år. Man finner vidare att antalet företeelser varierar ganska mycket för de skilda 11-årsperioderna och äfven i dessa förändringar kan man se en bestämd lag. (Se not. I).

År 1737 var antalet polarljus så stort, att alla serier gifva som medeltal ända till 110 företeelser; derefter minskas

antalet på ett märkeligt sätt ända till 1755, ökar åter fortfarande intill 1788, hvarefter aftagandet å nyo inträffar för att upphöra 1815, då ett nytt tilltagande begynner och fortsättes ända till 1848.

Vi se sålunda tydligt två bestämda perioder, omväxlande af- och tilltagande, på omkring 56 år. Denna lag synes bekräftad såväl af observationerna från äldre tider som ock af dem ifrån våra dagar. Vi kunna således betrakta såsom ett säkert faktum, att *polarljusen hafva en dubbel periodicitet af omkring 11 år och 56 år*. (Se för öfrigt fig. 1, sid. 19.)

De magnetiska variationernas och perturbationernas periodiska förändringar.

Det är en allbekant sak, att en magnetnål, som fritt kan röra sig i horizontalplanet, intager en bestämd riktning ungefärligen nord-syd.

Om en sådan nål på lämpligt sätt uppmärksam iakttages, så finner man, att den befinner sig i nästan ständigt rörelse, äfvensom att denna rörelse, som är fram- och återgående, regelbundet förändras med dygnets timmar.

Nålens nordända rör sig i Europa om morgonen mot vester, uppnår sin vestligaste ställning inemot kl. 2 e. m., rör sig derefter mot öster, fortfar härmed intill kl. 10 e. m. då den intager sitt ursprungliga läge. Samma rörelse utföres om natten, men mindre starkt. Kl. 3 om morgonen uppnår nålen sin största afvikning åt vester och återtager sin rörelse mot öster.

Storleken af denna regelbundna rörelse är olika på olika trakter af jorden. Uti eqvatorialtrakterna uppnår afvikelsen 2 à 3 bågminuter, men ju mera man närmar sig polerna desto större blifver rörelsen och uppnår samt öfverstiger 30 minuter.

Nålens regelbundna rörelse störes ofta, i synnerhet i polartrakterna, genom häftiga svängningar, hvilka fått namn af *perturbationer* eller magnetiska stormar. Dessa »stormar» uppträda städse med större eller mindre grad af intensitet vid *tillfällena* af *polarljus*. Magnetnålen börjar genast röra sig oroligt, så snart norrskensbågen visar sig vid horisonten. Denna oregelbundna rörlighet, som ökas i den mån företeelsen utvecklas, uppnår vanligen sin högsta grad af intensitet, när norrskensstrålarne flamma på himmelen.

Detta norrskenets inflytande på en rörlig magnetnål upptäcktes 1740 af Celsius och Hjorter i Upsala.

Säkra och ganska länge fortsatta observationsserier bevisa tydligen, att medelvärdet af magnetnåls årliga variationer förändras hvarje år på samma ort. Denna förändring är periodisk och öfverensstämmer fullkomligt med norrskenets periodicitet. (6)

2. Öfverensstämmelse mellan polarljusens, de magnetiska perturbationernas och solfläckarnas perioder.

Storleken af magnetnåls variationer är proportionel mot antalet af polarljus, d. v. s. att mot ett ringa antal polarljus svara små variationer, och mot talrika polarljus svara stora variationer i magnetnåls rigtning. En sammanställning af iakttagelser, utförda af flere vetenskapsmän från 1777 intill närvarande tid ådagalägger denna nästan fullständiga öfverensstämmelse mellan norrskenens uppträdande och den magnetiska deklinationsnåls rörelser.

Polarljuset åstadkommer, såsom redan är sagdt, magnetiska stormar, men dessa kunna också inträffa utan att polarljuset är synligt. Det oaktadt har man framvisat, att dessa stormar följa samma periodicitet som polarljuset. Detta är mycket väl bevisadt, åtminstone för den 11-åriga perioden, genom temligen långa observations-serier.

Något som är mera öfverraskande är, att vi finna samma periodiska gång uti ett annat fenomen, som visar sig hos en från oss mycket aflägsen himlakropp, nämligen uti solfläckarnes framträdande. Detta märkliga faktum är fullständigt bevisadt.

Vi kunna således vara förvissade, att dessa tre naturföreteelser, hvilka äro så olika sins emellan, äro underkastade samma dubbla periodiska vexlingar. När solfläckarnes antal är i maximum, så inträffar det samma med norrskenens antal, och äfvenledes med storleken af de magnetiska variationerna och antalet magnetiska perturbationer.

Vi låna af Loomis en grafisk framställning af de tre fenomenen, hvilken framvisar deras samstämmande gång imellan 1780 och 1870. (7). De fullt tillförlitliga meteorologiska observationerna omfatta en allt för kort tidrymd för

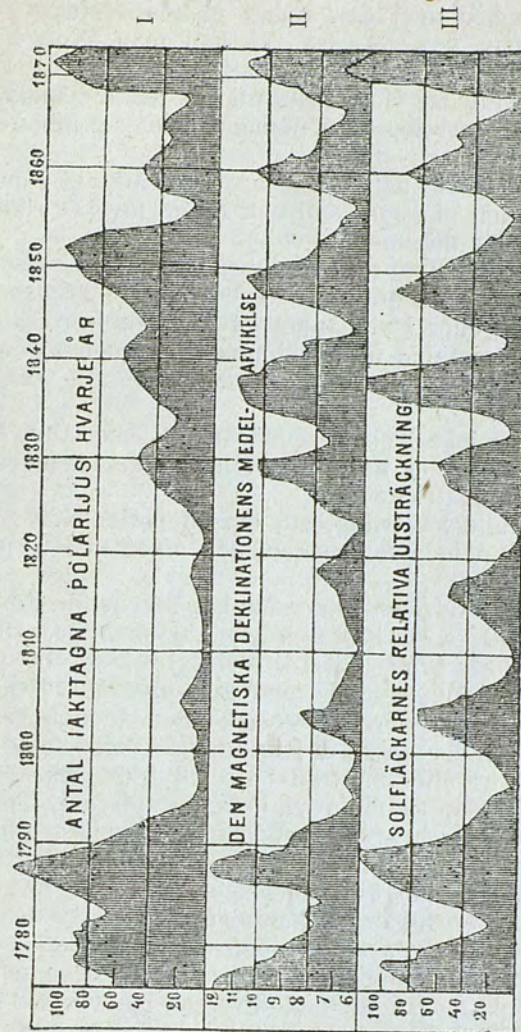


Fig. 1.

att vi på grund af dem med säkerhet skulle kunna bygga de lagar, hvilka beherska förändringarna inom atmosfären.

Om man sammanställer de iakttagelser, hvilka blifvit gjorda på de våldsamma störingar i atmosfären, hvilka fått namn af cykloner eller bourrasker, så erhåller man nästan visshet om en periodicitet uti deras uppträdande, hvilken

öfverensstämmar med den redan nämnda 11-åriga perioden. Hvad beträffar den 56-åriga, så kan man ännu i brist af säkra observations-serier, ingenting försäkra.

Utom detta har Herr Fritz uti sin redan nämnda afhandling om de meteorologiska fenomenen framlagt följande märkliga resultat:

Under den tid, när solfläckarne befinna sig i maximum, är nederbörden af *regn, snö* och *hagel* mycket rikligare än under tiden för minimum.

Föränderligheten i *lufttrycket* går äfven jemsides med de stora perioderna hos norrskenen och solfläckarne.

Stormar eller i allmänhet *häftiga* rörelser i atmosfären inträffa oftare i tiden för maximum än i tiden för minimum, och antalet *vackra dagar* synes deremot vara större under de sistnämnda.

Man har icke lyckats upptäcka ett säkert inflytande på åskvädrens antal ej heller på den allmänna gången af den atmosfäriska elektriciteten.

Det är alldeles tydligt att, om en periodicitet förefinnes uti de ofvan nämnda fenomenen, den äfven måste visa sig uti skörderesultatet.

Vi hafva utfört en undersökning härom för Finland och funnit, att vid de starkast utpreglade minima för solfläckarne, såsom 1696—7, 1750—53, 1810—12, 1867—8 det städse har inträffat svår hungersnöd, med undantag af 1750—53, för hvilka år säkra underrättelser icke finnas; man vet endast, att skörden under dessa år varit mycket medelmåttig.

Om vi år efter år, från 1810 till 1868, följa gången af skörderesultatet, så finna vi i denna tidrymd *fem* väl utpräglade perioder, hvarunder afkastningen undergått betydande förändringar på sådant sätt, att de dåliga åren eller missväxt-åren hafva egt rum vid solfläcks-minima och de goda åren vid maxima (*). Likaledes har man funnit, och det med stor grad af sannolikhet, en periodisk variation af solvärmets, i synnerhet inom tropikerna. Längden af denna period uppgår till omkring 11 år och öfverensstämmar således nära med den här i fråga varande perioden (Meldrum, Köppen).

Vi äro således fullt ense om det allmänna resultatet, hvartill Fritz har kommit uti sin afhandling, d. v. s.,

1) Att ett fullkomligen säkert samband förefinnes mellan solfläckarnes förändringar och de magnetiska deklinationsvariationerna äfvensom norrskenenens antal.

2) Att ett samband mellan solfläckarnes förändringar och de meteorologiska företeelserna är högst sannolikt.

3. Polarljusets årliga och dagliga perioder.

Polarljuset kan uppträda alla årstider, men antalet af företeelser är mycket olika. Det är tydligt, att dagens längd här måste utöfva ett icke obetydligt inflytande, ty ju längre dagsljuset varar, desto flere polarljus gå förbi utan att kunna iakttagas. Det oaktadt visa iakttagelserna tydligt, att polarljusens antal är *störst om sommaren* och minst om vintern. Så visa t. ex. observationerna från New-York i Nord-amerika att under förloppet af 25 år följande fördelning af norrskenen förekommer på de olika månaderna:

december	60	mars	106	juni	79	sept.	131
januari	76	april	125	juli	100	okt.	110
februari	86	maj	83	aug.	122	nov.	74

deraf fås

vintern 222, våren 314, sommaren 301, hösten 315.

Då vi tillägga, att dylika serier från andra orter härmed stämma öfverens, så kunna vi sluta till, att norrskenen uppträda talrikast på våren och sensommaren, ty vi hafva ett tydligt maximum i april och ett annat i september, hvarimot ett minimum visar sig i december och ett annat i juni. (†)

Likasom polarljuset kan uppträda under alla årstider, så kan det ock visa sig alla timmar på natten, och likaledes äfven alla timmar på dagen om dagsljuset ej skulle förhindra dess iakttagande. — Likväl kan äfven här ses, att det icke uppträder lika talrikt under alla timmar på natten. Antalet ökas från kl. 6 eft. m. till en timme efter midnatt, under hvilka timmar det är som störst, förminskas långsamt till kl. 2 f. m. och derefter hastigt till inmot kl. 6.

I de högarktiska regionerna hafva vi vid två tillfällen, den ena gången kl. 11^t 30' f. m., kunnat se polarljus midt på dagen. Omständigheterna voro särdeles gynsamma, ty vid begge tillfällena uppsteg det framför en svart molnvägg och igenkändes det på sin fladdrande rörlighet, hvarigenom det lätt kunde skiljas från andra ljusslag. Andra observatörer hafva varit i tillfälle att se samma fenomen. — En sammanställning af iakttagelserna visar att den dagliga perioden har ett maximum kl. 10 e. m.

III. Polarljusets geografiska utbredning.

1. Allmän framställning.

Polarljuset, äfven i sin mest praktfulla utveckling, kan uppträda på alla orter af jorden, men *antalet* deraf är mycket vexlande. Dess egentliga hem är polartrakterna, d. v. s. de orter, som ligga rundt omkring så väl södra som norra polen.

Om polarljusets utbredning i södra halfklotet känna vi ej synnerligen mycket, hvarimot vår kunskap om norra halfklotet är betydligt vidsträcktare, ehuru äfven här för den framtida iakttagelsen mycket återstår att uträtta. — De egendomligheter, som en sammanställning af iakttagelserna lägger i dagen, äro i hög grad egnade att väcka intresset för fortsatt forskning.

Uti eqvatorialtrakterna är fenomenet mycket sällsynt och visar sig knappast en gång hvarje 10:de år, men ju mera vi aflägsna oss från dessa orter mot norden, desto större blifver årliga antalet af polarljus. Denna tillväxt i antal är dock ej lika öfver allt på jorden och det är denna ojämnhet i fördelningen, som vi nu gå att framställa.

Om vi, utgående från eqvatorn, följa tvenne meridianer, t. ex. den, som går genom Washington i Nord-amerika och den, som går genom St. Petersburg, så finna vi följande märkliga fördelning, härledd genom ett noggrant studium af observationer ifrån 128 särskilda orter.

Följa vi Washington-meridianen, så finna vi vid	
omkr. 40°	n. lat. ett årligt antal af blott 10 polarljus
» 45°	» är det redan 20 »
» 50°	» uppgår det till 40 »
» 55°	» » <i>minst</i> 100 »
» 55°—62°	» under gyns. omständ. <i>hvarje natt</i> »
» 62°	» är det endast 40 »
» 65°	» är det mindre än 10 »

Följa vi åter Petersburgs-meridianen så finna vi samma fördelning, men med den väsendtliga skilnad, att t. ex. ett årligt antal af 100 polarljus uppträder 13° nordligare, d. v. s. mellan 68° och 75°. Orten för största antalet har således här skridit uppåt mot norden, under det att den egendomliga fördelningen qvarstår.

2. Maximalzonen och norrskensbältet.

Utlägga vi hithörande iakttagelser på en karta och fästa oss hufvudsakligen vid de orter, der största antalet, eller 100 polarljus, förekommer årligen, så finna vi snart, att de bilda ett bälte omkring nordpolen, hvilket i Europa ligger mellan 68° och 75° nordl. lat. och i Amerika sänker sig ned ända till mellan 55° och 62°, under det bältet på samma gång blifver bredare.

På hvardera sidan om detta norrskensbälte ligga tvenne andra, det ena söderut och det andra norrut, med ett årligt antal af 40 polarljus. Dessa bälten bilda omkring nordpolen en oval figur, uti hvilken sjelfva polen är belägen betydligt åt ena sidan. På kartan fig. 2 sid. 24 finnes detta bälte framställt.

Befinner man sig i sjelfva bältet, synas polarljusen lika ofta i söder som i norr och om man norrut öfverskrider dess rand, så synas de flesta polarljus i söder.

Uti det omnämnda arbetet af Fritz finnes en karta, på hvilken författaren uppdragit ett system af linier, betecknande ett lika årligt antal norrsken. Dessa linier, som han kallar *isochasmer*, äro uppdragna efter medeltal uträknade för flere orter med tillhjälp af hans stora norrskenskatalog (5). Detta system, i hvilket den linie, som utmärker största antalet, sammanfaller med midten af maximal-zonen eller norrskensbältet, visar att polarljusens antal ökas temligen långsamt från söder mot norr ända till randen af maximal-zonen, hvarest tilltagandet är plötsligt. (Se fig. 2.)

Vi finna lätt att årliga antalet på olika meridianer är mycket olika för samma latitud:

Årligt antal.	Europa	Asien	Amerika
	Vid Greenwich meridian.	90° ostl. long. fr. Greenwich.	270° ostl. long.
0,1	n. lat. 38°	n. lat. 48°	n. lat. 21°
1	» 46°	» 56°	» 31°
5	» 51°	» 62°	» 36°
10	» 53°	» 65°	» 43°
30	» 57°	» 70°	» 48°
100	» 63°	» 74°	» 55°
Maxim.-zon	» 68°	» 77°	» 60°
Neutral linie	» 70°	» 82°	» 63°

Den neutrala linien (punkterad på fig. 2) går genom de orter, hvarest man ser polarljuset lika ofta i söder som i norr.

Läget af norrskensbältet förblifver det samma som vi ofvan framställt, och sjelfva faktum af dess tillvaro framgår tydligare än förut ur Fritz' arbete.

Såsom vi redan hafva nämt är vår kunskap om polarljusens geografiska utsträckning omkring sydpolen temligen ofullkomlig. De mest tillförlitliga iakttagelser äro utförda på det engelska observatoriet i Hobartown, (van Diemens

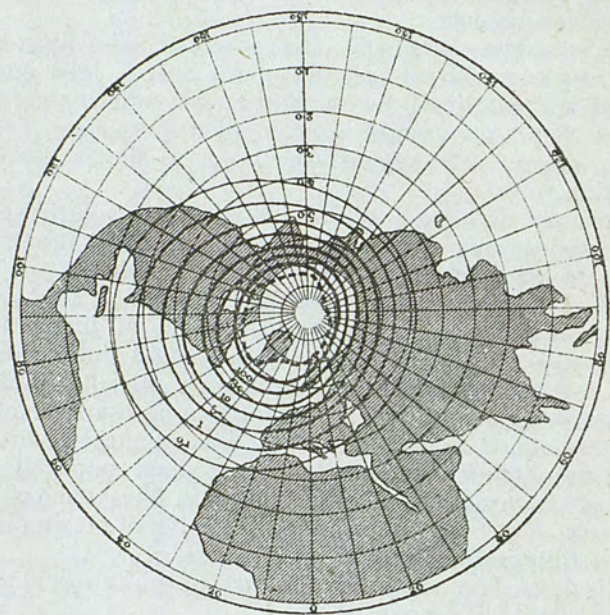


Fig. 2.

land) beläget $42^{\circ} 52'$ sydl. lat. Dessa iakttagelser, hvilka begynna 1841 och gå ända till 1848, göra redo för 34 polarljus. Om dessa jämföras med iakttagelser från norra halfklotet, så finner man, att hvarje gång ett polarljus blifvit iakttaget i Hobartown, så har man äfven på någon ort i norra halfklotet antingen sett ett polarljus eller ock kunnat sluta till dess tillvaro genom ovanliga rörelser hos magnetnålen d. v. s. genom en magnetisk storm.

Så vidt man sålunda kan sluta af de få iakttagelser, som stå oss till buds, synes ett polarljus af något större utbredning i det södra halfklotet alltid vara beledsagadt af ett dylikt i det norra. — Vi anse dock ej, att denna slutsats sträcker sig till alla polarljus, ty, såsom framdeles skall visas, äro många af dem inskränkta inom en mycket trängt begränsad rymd, och om dem gäller slutsatsen ingalunda.

Slutligen må anmärkas att de få iakttagelserna från södra halfklotet tyda på en likartad fördelning i geografiskt hänseende som i det norra, men gränserna äro der ej så noggrant kända.

Maximal-zonens gränser; isocliner och isotermer.

De egendomligheter, som polarljusens geografiska fördelning erbjuder, hafva föranlett en jämförelse mellan gränserna för norrskensbältet med linier, som utmärka andra fenomen på jorden.

Man finner en viss likhet mellan isoclinen 80° och midten af bältet, men öfverensstämmelsen är ingalunda fullständig och man kunde lika väl jämföra dessa gränser med de isothermiska linierna.

I sjelfva verket finner man, att isothermerna för 10° och 0° i Europa och Amerika nära sammanträffa, den förra med bältets södra, den senare med dess norra rand.

Ehuru öfverensstämmelsen ej är fullständig, så skola vi likväl senare finna, att jordmagnetismen och temperaturen innehafva en betydelsefull rol vid norrskenens uppträdande, och med anledning deraf böra vi ej betrakta öfverensstämmelsen såsom helt och hållet tillfällig.

3. Åskvädrens geografiska utbredning.

Ju mera man aflägsnar sig från eqvatorn, desto mindre blir det årliga antalet åskväder. Men ej nog härmed, äfven den grad af styrka, hvarmed de uppträda, aftager ganska mycket, så att de i mellersta och norra delen af tempererade zonerna äro både få och af ringa styrka.

Följande iakttagelser ådagalägga detta på ett slående sätt:					
mel. eqvat.	0° o. 30°	nordl. lat.	obs. i med:t.	årl. 52	åskv.
	mellan 30° o. 50°	»	»	»	20 »
	» 50 o. 60°	»	»	»	15 »
	» 60 o. 70°	»	»	»	10 »
	omkring 70° n. lat.	är antalet			0 »

Här bör anmärkas en egendomlighet, som i vetenskapligt hänseende är af stort intresse. Ehuru åskvädrens antal inemot 70:de breddgraden är ganska litet, så visa de dock der en våldsamhet, som påminner om deras uppträdande i ekvatorialtrakterna.

Oftast äro de åtföljda af åskslag, hvilka ej så sällan döda människor och djur. Under resor i Lappland hafva vi knappast träffat en enda person, som ej skulle sett eller varit närvarande vid ett åskslag. Tager man härvid i betraktande Lapplands glesa befolkning, så får detta sakförhållande än större betydelse. Härtill måste finnas någon bestämd orsak och vi skola se, att teorien på ett tillfredsställande sätt förklarar denna egendomlighet.

Jemföra vi åskvädrens och polarljusens geografiska utbredning med hvar andra, så finna vi, att åskvädren upphöra just i de trakter, der polarljusens antal är störst. Huruvida detta inträffar på ett sådant sätt, att åskvädren skulle upphöra vid randen af det bälte, inom hvilket polarljusens antal är störst, är dock ej ännu fullständigt utredt i anseende till de fåtaliga iakttagelserna från norden.

4. Baron Ad. Nordenskiölds observationer vid Behrings sund 1878—79.

Under den ärorika färd, som Ad. Nordenskiöld utförde med ångfartyget Vega 1878—79, blef han i tillfälle att göra iakttagelser på polarljuset, hvilka erbjuda ett särskildt intresse. I stället för de ofta praktfulla, stundom öfver största delen af den synliga himmelen utbredda företeelser, hvilka visa sig i de polartrakter herr N. förut besökt, förnämligast nordliga Norge och Spetsbergen, uppträdde fenomenet i närheten af Behrings sund helt annorlunda.

I NNO visade sig hvarje afton, då iakttagelser voro möjliga, från oktober till april ett ljusfenomen, som sträckte sig öfver himmelen i form af en båge, upptagande omkring 90° af horisonten med 5° till 12° höjd öfver den samma samt

med en bredd af 10°. Fenomenet var mycket ljussvagt, jemfördt med polarljus af medelmåttig ljusstyrka, och gaf endast vid de tillfällen, då ljusintensiteten var högre, polarljusets vanliga spektrum, den gulgröna linien.

Ljuset var oftast jemt och stillastående, men kunde dock stundom utveckla sig till flerdubbla bågar med ljuskast ända upp mot zenith. Vid några tillfällen visade sig starkare ljusutveckling (ljusknutar) på några orter af bågen.

Uti sin afhandling om dessa företeelser meddelar Nordenskiöld observationstabeller för vintermånaderna; antalet af uppmätta bågar och de gränser, inom hvilka höjden (γ) och utsträckningen (2β) varierat, ställa sig på följande sätt:

	oct.	nov.	dec.	jan.	febr.	mars.
antal	4	3	7	18	20	49
utstr. 2β	110°	90°	68°-135°	78°-135°	72°-112°	78°-170°
höjd γ	20°	10°	4°-15°	5°-30°	5°-27°	4°-145°

Såsom af tabellerna synes, hafva mätningarna gifvit ganska varierande resultat, men om den tid, hvarunder fenomenet varat, tages i betraktande, så synas de af Nordenskiöld gjorda antaganden fullt berättigade. Hans yttrande lyder:

»Förteckningen gifver icke något begrepp derom, huru beständig företeelsen i sjelfva verket var. När som helst då det var klart och norrskenets svaga ljus ej fördunklades af solens eller månens, kunde man efter kl. 9 e. m. nästan med lika säkerhet påräkna att finna den vanliga bågen på nordöstra himlahalvet, som att i en annan del af det samma finna vintergatan. Den är dessutom så till vida ofullständig, att jag i den icke anfört andra iakttagelser än de, som äro beledsagade af mätningar, eller vid hvilka uttryckligen finnes angifvet, att norrskenet varit bågformadt. Anteckningar sådana som »norrsken i nordost», »svagt norrsken»; »norrsken nära synranden från NW—NO» äro för undvikande af vidlyftighet utelemnade.»

Helt säkert härrörde äfven dessa ljusföreteelser i de allra flesta fall från halfbildade eller molnhöljda bågar eller ljuslöjor i »norrskensglorians plan». Öfverhufvud kunna norrskensföreteelserna i Behrings sund 1878—79 kännetecknas sålunda:

Bågnorrsken, vanligen med höjdpunkten i NNO, nästan ständigt efter kl. 9 e. m.

Draperi-norrsken, endast en gång fullt utbildadt.

Stjernklart utan månljus eller tydligt norrsken. Möjligtvis en eller två nätter mellan den 1 nov. och 14 april.

»Före november egnade vi ej tillräcklig uppmärksamhet åt företeelsen, och efter medlet af april blefvo nätterna för ljusa för iakttagande af hithörande svaga ljusföreteelser.»

Med fullt skäl antager Nordenskiöld att den »vanliga bågen» hade en utsträckning $2\beta=90^\circ$ och en höjd $\gamma=10^\circ$ med vexlande bredd.

Mätningarne äro utförda med så stor noggrannhet som vid dylika iakttagelser är möjligt. Den iakttagna »vanliga bågen» antager Nordenskiöld vara en del af en ljuskrans, belägen på en betydlig höjd från jordytan, omkring en punkt i närheten af den magnetiska polen. Denna ljuskrans benämnes *norrskensgloria*.

För öfrigt-uppställes följande hypoteser:

1:o) Att strålkranen ligger i ett plan, vinkelrätt mot den jordradie, som träffar dess medelpunkt, eller, hvad som är det samma, att dess undre del öfverallt ligger på ungefär samma höjd öfver jordytan. Skulle detta icke vara förhållandet, så skulle vissa delar af ljuskransen ligga på ett betydligt större afstånd från jordytan än andra, och antagligt vore, att med anledning häraf så olika vilkor för ljusbildningen skulle förekomma i dess olika delar, att ljusbågen helt och hållet skulle förlora den prägel af jemnhet och likformighet, som särskildt utmärker den samma.

2:o) Att strålkranen är cirkelformad. Äfven härför talar den iakttagna ljusbågens jemna fördelning i dess olika delar. Det är visserligen möjligt, att vissa afvikelser från cirkelformen förekomma, hvilka stå i sammanhang med oregelbundenheten i de magnetiska krafternas fördelning rundt om den magnetiska polen, men synnerligen betydande synas de i alla fall icke vara, och så angeläget det än är att i en framtid noggrant studera dem, så torde det icke vara skäl att för deras skull nu afstå från försöket att utreda hufvudragen af denna märkvärdiga norrskensform.

3:o) Att man känner projektionen af ljuskretsens midt mot jordytan; samtida iakttagelser från tvenne lämpligt belägna ställen skulle med lätthet och säkerhet besvara denna fråga. Några dylika iakttagelser finnas dock för det närvarande ej att tillgå. Men med anledning af det sammanhang, som man allt sedan Celsii och Hjorters tid känt vara rådande mellan norrskenen och de magnetiska krafterna på jordytan, och framför allt med anledning deraf, att norrskensbågarnes höjdpunkt öfverallt ligger ungefär i den magnetiska meridianen, är det tydligt, att man har att söka norrskensglorian midt i granskapet af den magnetiska polen.

På grund, dels af andra iakttagelser och dels af dem, som utfördes vid Vegas vinterhamn, beräknar Nordenskiöld att medelpunkten för bågarne är att söka uti en ort (81° n. lat. 80° v. long. till Greenwich) något nordligare än den magnetiska polen. Denna ort benämner han norrskenspolen. Meddelst väl uttänkta formler beräknas ur de säkraste iakttagelserna ljuskransens eller glorians höjd till 0,03 jordradie eller 191 kilometer.

Ur iakttagelserna och de derpå grundade beräkningar drager Nordenskiöld nedanstående slutsats: »Våra iakttagelser vid Behrings sund tyckas ådagalägga:

Att vårt jordklot, äfven under norrskens-minimum-år, är prydt med en nästan ständig, enkel, dubbel eller flerdubbel ljuskrans, hvars inre kant under vintern 1878—79 vanligen hade en höjd öfver jordytan af ungefär 0,03 jordradier, hvars midt var belägen ett stycke under jordytan något norr om den magnetiska polen, och hvilken med en genomskärning af omkring 0,32 jordradier utbredd sig i ett plan, vinkelrätt mot den jordradie, som träffar ljuskransens medelpunkt.»

När flerdubbla bågar uppträdde, förklaras detta fenomen sålunda, att flere ljuskransar befunno sig inom hvar andra, vanligen belägna i samma plan, hvilket antagande, enligt Nordenskiölds åsigt, står i nära öfverensstämmelse med det fenomen, att bågarne ej sällan hade en elliptisk form.

Ett säkert stöd för sin uppfattning af norrskensglorian finner Nordenskiöld i den omständighet, att den upphörde att synas om morgnarne vid den tid solen började belysa den ort af atmosfären, i hvilken strålkranen enligt beräkningen var belägen.

Nordenskiölds arbete åtföljes af en karta, på hvilken 5 cirkelformiga områden finnas upptagna med *norrskenspolen* såsom medelpunkt. Allt efter dessa områdens olika afstånd från norrskenspolen och det område, ofvanom hvilket norrskensglorian är belägen, bör norrskens uppträdande blifva olika.

Nordenskiöld uppställer en bestämd skilnad mellan norrskensglorianens ljus och draperi- eller strålnorrskenen, hvarmed han förstår sådana ljusföreteelser, hvarpå plancherne I, II och III gifva exempel, eller i allmänhet lifligt vexlande ljusföreteelser.

För att förtydliga sin åsigt anställer Nordenskiöld en jemförelse mellan norrskensglorianens beständiga och lugna ljus och passadvindarne, samt mellan strål- eller draperinorrskensens lifliga och föränderliga ljus och de vexlande nordiska stormarne.

En undersökning af norrskeneglorians synbarhet inom de olika områdena anställes härefter och jemföres med iakttagelser under de öfvervintringar, hvilka inom de skilda områdena blifvit verkställda. Undersökningen leder till det resultat, att i 4:de området, beläget mellan cirklar med radier af 20° och 28°, mätta på jordytan, norrskenens talrikhet bör vara störst, emedan norrskeneglorian här bör vara synlig den längsta tiden och emedan draperi-norrskenen här oftast uppträda.

Att detta bälte sammanfaller med maximal-zonen, såsom dess läge framgår ur de redan förut anförda långvariga serierna af observationer, betraktar Nordenskiöld såsom ett ytterligare bevis för riktigheten af sina åsichter om norrskeneglorians tillvaro och dess läge i rymden. Derjemte finner han, att öfvervintringsexpeditionernas iakttagelser åtminstone gifva antydningar i samma riktning.

Utän att bestämdt vilja förneka möjligheten af norrskeneglorians tillvaro, kunna vi ej dela Nordenskiölds åsichter om den vanliga bågens betydelse, och skola återkomma till detta ämne i det kapitel, som är egnadt åt bestämningarne af polarljusets höjd öfver jordytan.

5. Observationer från Godthaab på Grönland 1865—1880, beräknade af S. Tromholt. ⁽¹⁰⁾.

Den för forskningar om polarljuset så fördelaktigt kände norrman S. Tromholt utgaf 1882 i Köbenhavn ett arbete »Om norrskenets perioder» efter iakttagelser från Godthaab på Grönland, utförda af herr Kleinsmidt, seminarieprofessor derstädes.

Dessa observationer, hvilka omfatta en tidrymd af 15 år, vitsordas af Tromholt såsom i alla afseenden utmärkta. Med outtröttligt nit har herr K. under 15 år fullföljt meteorologiska iakttagelser 3 ggr dagligen, kl. 4 eller 5 om morgonen, senare kl. 8, kl. 12 eller 1 på dagen och på aftonen kl. 9, och derunder egnat polarljuset särskild uppmärksamhet.

Tromholt, som af den till vetenskapens stora förlust så tidigt bortgångne Kapten Hoffmeyer blifvit uppmanad att bearbeta dessa observationer, har egnat dem en synnerlig omsorg och verkställt bearbetningen med ett skarpsinne, som förtjenar allt erkännande. Också har Tromholt blifvit be-

lönad med resultat, hvilka gifva oss en ny kunskap om polarljusens uppträdande i de arktiska regionerna. — Med anledning af den omständighet, att man i norrskenens uppträdande i polartrakterna icke med visshet kunnat spåra den i sydligare trakter funna periodiska gången af dem, framkastades tidigare den åsigten, att det ej var norrskenens årliga antal, som undergick förändring, utan fast mer gränserna för deras uppträdande. ⁽⁶⁾ Herr Kleinsmidts observationer bekräfta denna åsigt på det mest slående sätt.

Vi skola redogöra för de hufvudsakligaste resultat, hvilka Tromholt funnit. Bland de orsaker, hvilka hafva ett betydande inflytande på antalet observerade polarljus, är moln- betäckningen en af de viktigaste, hvarjemte *månljuset* och *dagens längd* äfven inverka.

En jemförelse af norrskenens antal med moln- betäckningen leder Tromholt till den lag, att *det förra, d. v. s. norrskenens antal, är omvändt proportionellt mot den senare eller moln- betäckningen*. Härvid framhåller T. uttryckligen, att han blott afser det inflytande, som moln- betäckningen, betraktad såsom en hindrande skärm för ljusets framträdande till observatorns öga, utöfvar, men ej det möjliga inflytande molnen kunna hafva på polarljusets framkallande.

Det första viktiga resultat, som framgår ur en jemförelse mellan polarljusens årliga antal och motsvarande tal för solfläckarne, är: att icke allenast en 11-årig period förefinnes, utan ock att denna icke, såsom fallet är i sydligare trakter, löper i det närmaste parallelt med solfläckarnes period, utan tvärt om visar sig nästan diametralt motsatt, i det maxima i den förra motsvara minima i den senare och tvärt om. Att detta resultat icke är tillfälligt visar Tromholt genom jemförelse med andra iakttagelser från polartrakterna. (Se not III.)

Observationerna från Godthaab äro antecknade med hög grad af noggrannhet. Icke allenast den ort på himmelen, hvarest de visat sig, finnes angifven, utan ock fenomenet, hänfördt till någon af 8 definierade typer. Tillika uppgifves intensiteten under 4 rubriker, och särskildt finnes antecknad när polarljuset visat sig i zenith och när det betäckt hela himmelen.

Häri genom har Tromholt blifvit satt i tillfälle att särskilja de fall, då polarljuset endast visat sig i söder, från dem, då det framträdde i zenith eller mera mot norden.

De tabeller, som ur denna synpunkt blifvit uppställda, visa med afgjord bestämdhet, att de polarljus, hvilka uppträda

i zenith hafva ett maximum i *december*, d. v. s. vid vintersolståndet; mindre tydligt, men dock ganska bestämdt visa sig 2:ne maxima i oktober och mars, d. v. s. vid tiderna för dagjemningen.

I likhet med hvad Weyprecht tidigare uttalat, finner Tromholt häraf: att *maximal-zonen* för polarljuset årligen förändrar läge, i det den vid höstdagjemningen drager sig mot söder, derefter förflyttar sig mot norr, uppnår vid solståndstiden sin nordligaste ställning och drager sig åter mot söder för att vid vårdagjemningen uppnå sitt sydligaste läge.

En intressant följd af dessa rörelser hos maximal-zonen blir, att ju högre man kommer mot Norden, desto mera böra de bägge maxima, hvilka uppträda vid dagjemningen i de tempererade zonerna, närma sig hvar andra, för att slutligen sammanfalla med maximum vid vintersolståndet. I sjelfva verket kan man också framvisa denna följd ur iakttagelser från flere orter.

Under det maxima framträda i september och mars vid 60° nordl. lat. i Europa, så visa de sig i december och januari vid 70°. (Se not IV).

Af en fortsatt undersökning af förhållandet mellan polarljuset i söder och i zenith under de särskilda åren, visar sig att vid tiden för maximum, såväl absoluta som relativa antalet polarljus i zenith eller mera mot norr öfverträffar samma antal vid tiderna för minimum. Här af följer åter, att maximalzonen äfven under den 11-åriga perioden förflyttar sig sålunda, att den vid solfläcksminima håller sig mera mot norr än vid maximum.

Efter att hafva undersökt periodiciteten hos de olika typerna af polarljus, och funnit samma vexling hos dem, äfvensom att de mest omvexlande former uppträda vid tiden för maximum, öfvergår herr Tromholt till en jämförelse mellan polarljusens periodicitet och andra meteorologiska företeelsers vexlingar. Särskildt fäster han sig vid cirrusmolnen och finner, att de visa en periodicitet, som temligen väl öfverensstämmer med polarljusens.

Det är högst sällsynt, att en enda serie iakttagelser gifvit anledning till framdragandet af så många lagar angående ett enda naturfenomen, som observationerna i Godthaab. Också stannar vetenskapen i ej ringa förbindelse både hos observatorn Kleinschmidt och hans uttolkare Tromholt, som med outtröttligt intresse sökt att göra materialet så

gagneligt som möjligt för vetenskapen. I korthet kunna resultatens sålunda sammanfattas:

Det bälte omkring jordens nordpol, hvarest antalet polarljus uppnår sitt maximum, är icke alltid beläget på samma ort, utan uppträder i sitt sydligaste läge vid den tid då solfläckarne uppnå sitt maximum, förflyttar sig derefter småningom mot norr och intager sitt nordligaste läge vid tiden för solfläckarnes minimum. En likartad förflyttning af bältet visar sig under hvarje år och hvarje dygn. Dessa rörelser hos maximibältet gifva upphof till polarljusens dagliga, årliga och 11-åriga perioder, äfvensom till den motsats i afseende å solfläckarnes och polarljusens parallela gång, som arktiska trakter förete mot den tempererade zonen.

Vi återkomma till detta ämne vid framställningen af de magnetiska perturbationerna.

IV. Polarljusets höjd öfver jordytan.

Mätningmetoder och bestämningar.

Inom detta område föreligga ett mycket stort antal iakttagelser, hvilka olyckligtvis visa högst ringa öfverensstämmelse.

De *metoder*, hvilka blifvit följda vid dylika mätningar, kunna sammanfattas på följande sätt:

1:sta metoden. Höjden af norrskensbågen öfver horisonten bestämmas samtidigt från 2:ne stationer, A och B, belägna i det närmaste på samma meridian och hvilkas inbördes afstånd är bekant.

Iakttagelserna beräknas efter den af Hansteen uppställda formel. (*not II*).

2:dra metoden. Någon väl utmärkt punkt af polarljusbågen, t. ex. basen af en stråle, iakttages samtidigt från 2:ne stationer, A' och B', belägna på olika meridianer, och punktens höjd samt sigtliniernas azimuth bestämmas från begge stationerna.

3:dje metoden. Polarljusbågens höjd och utsträckning uppmättes från en station, A., och under antagande, att den utgör en del af en cirkelformig, i samma plan belägen, ljuskrets omkring den magnetiska polen eller någon annan punkt i dess närhet, beräknas en formel, ur hvilken höjden öfver jordytan kan bestämmas. (not II.)

4:o. Slutligen har höjden blifvit uppskattad genom jemförelse med något passande föremål på jordytan.

Den första metoden förutsätter med nödvändighet, att observatörerna från orterna, A och B, verkligen samtidigt se samma fenomen, d. v. s. att polarljuset är af sådan natur, att man kan tänka sig dess båge ersatt af ett ljusbälte med relativt ringa genomskärningsarea i vertikal riktning.

Den andra metoden förutsätter en fullkomligt samtidig observation på samma punkt af bågen.

Den tredje metoden behöfver alla de förutsättningar, hvilka Nordenskiöld gjort, och som i korthet äro upptagne under mom. 3 sid. 28.

Mätningar af särskilda forskare.

Granska vi de resultat, hvilka tillämpningen af dessa metoder lemnat, så finna vi, att de visa en öfverraskande olikhet.

Så fann *T. Bergman*, dels ur iakttagelser, utförda af äldre berömda forskare, dels ur egna på flere olika orter anställda iakttagelser (1726—1764), höjden

	Kilom.
<i>i mellersta Europa omkr.</i>	770
varierande imellan gränserna 1625 kilom. och 213 kilom. ⁽¹¹⁾	
<i>Gilbert</i> erhöll ur observationer i Berlin och Halle, 22 oktober 1804, ⁽⁴⁾	377
under det <i>Wrede</i> i Sverge för samma fenomen fann en höjd af	1313
<i>Dalton</i> beräknade 1826 höjden ..	163
<i>Cavendish</i> erhöll som resultat från	118 till 82
<i>Potter</i> ur noggranna observationer från ...	107,5 till 96,5
<i>Airy</i> erhöll 1833 från	96,5 till 82 ⁽¹¹⁾ .

De franska mätningarna vid Bossekop och Jupvig. ⁽¹²⁾

Under ledning af Bravais utfördes på franska korvetten la Recherche 1839 iakttagelser, hvilka förtjena en särskild uppmärksamhet, emedan de blifvit utförda med mycken omsorg. De begge stationerna, Bossekop och Jupvig, från hvilka iakttagelserna utfördes, äro belägna på ett afstånd af 15,625 kilometer i direktionen (N-S) 16° E.

Inalles äro 7 samtida iakttagelser anställda. De gåfvo följande resultat:

	Södra stationen: Bossekop.	Norra stationen: Jupvig.	Parallax.
1	29° 49'	26° 7'	— 3° 42'
2	13° 20'	15° 33'	2° 13'
3	134° 4'	143° 56'	9° 52'
4	12° 33'	12° 25'	— 0° 8'
5	140° 2'	138° 28'	— 1° 4'
6	9° 20'	10° 23'	1° 4'
7	6° 30'	7° 15'	0° 45'

Observationerna äro reducerade till samma horisont.

Dessa observationer har man i allmänhet behandlat sålunda, att n:is 1 och 4 blifvit förkastade såsom omöjliga, emedan norrskensbågen från den norra stationen visat sig lägre ned på himmelen än från den södra.

Vidare öfverföras 3 och 5 till nordliga horisonten, hvar efter medeltalet toges af alla observationerna. Sålunda erhöles:

	Bossekop.	Jupvig.	Med parallax.
	21° 18'	22° 31'	1° 13'

och höjd = 107,6 kilometer.

(Vi anmärka blott, att detta sätt att behandla observationerna ej kan fullt försvaras och skola senare komma till ämnet.)

Mätningar af Loomis.

Ifrån Amerika ega vi bestämningar utförda af *Loomis* vid tvenne tillfällen, då polarljuset utvecklade en ovanlig prakt och sträckte sig öfver en rymd så vidsträckt, att den om-

fattade nästan hela Nord-Amerika. Den 28 aug. 1859 var man i tillfälle att från flere orter iakttaga ett storartadt polarljus. Utväljande bland observationsorterna dem, som äro belägna på samma meridian och på ett tillräckligt stort afstånd från hvar andra, kunde man approximativt bestämma höjden efter den *första metoden*. Mätningarne angifva höjden af polarljusbågens nedre och öfre kant öfver horisonten. Fenomenet sträckte sig öfver Virginien från 36° 40' till 38° 50' nord. lat. Beräkningen gaf för nedre randen 70 kilom. och för öfre randen 800.

Den 2 september samma år visade sig åter ett starkt utveckladt polarljus, hvars höjd bestämdes på samma sätt och gaf för nedre randen från 23 till 75 kilometer och för öfre randen 730. Denna gång visade sig företeelsen öfver Cuba och Florida från 22° 30' till 25° 15' nordl. lat. — Vid dessa bestämningar var afståndet mellan stationerna stort, ända till 290 kilometer. Vid de nordligare belägna stationerna sågs vid bägge bestämningarne polarljuset i zenith och vid de sydligare belägna ett större eller mindre antal grader öfver horisonten.

Såsom vi hafva sett pag. 29 erhöll Adolf Nordenskiöld en höjd af 190 kilometer, på grund af de antaganden han uppställt.

Vi finna af de anförda bestämningarne, hvilkas antal ännu kunde förökas, att höjden nästan alltid öfverstigit 75 kilometer.

Mätningar af Christie och Farquarson m. fl.

Af äldre mätningar finnas dock några, på grund af hvilka höjden utfaller mycket mindre.

Så erhöll *Christie* efter flerfaldiga observationer en höjd af 7,40 och *Farquarson* (1839), som vid flere tillfällen utförde bestämningar, en höjd af endast 0,752 kilom.

Alla föregående höjdbestämningar äro grundade på direkta mätningar. Vid flere tillfällen, i synnerhet i polartrakterna, hafva *uppskatthningar af höjder* utförts sålunda, att fenomenet blifvit jemfördt med föremål på jorden. Ett stort antal dylika observationer kunde anföras, men vi vilja inskränka oss till några få de tillförlitligaste.

Den berömda arktiske forskaren *Ross* fann vid flere tillfällen — likasom ock de franske observatörerna i Bossekop och Jupvig, — att polarljuset visade sig mellan observations-

orten och närbelägna höjder. *Bravais* har visserligen velat förklara dessa iakttagelser för synvillor, men de grunder, som han härför anför, äro icke hållbara.

Från nordvestra Amerika föreligga ganska tillförlitliga iakttagelser i detta hänseende.

Henry Bannister iakttog (23 aug. 1866) (St. Michael 63° lat. n.) mellan Alaska och Behringssund en åt alla sidor strålände norrskenskrona under det att ett moln öfvertäckte hela den östra himmeln. Framför denna mörka bakgrund syntes strålarne klarare än annanstädes, så att de måste hafva befunnit sig mellan honom och molnet, alltså på omkring 10 kilometer från jorden. En likartad företeelse hade han iakttagit i oktober 1865. (4)

Uti *Alouluk* (64° n. l.) vid Nortonsundet iakttog *Pease* och *Ketchum* (nov. 1865) polarljuset mot slutningen af ett berg, beläget på några engelska mils afstånd. Bergets topp syntes tydligt ofvanom ljusfenomenet. Temperaturen var —34° och ljuset så starkt, att man kunde läsa t. o. m. det finaste tryck. Ett frasande ljud hördes vid tillfället.

Desse observatörer äro tjenstemän vid telegrafan och förtjena allt förtroende. Också anmärkes af den, som anför dessa data, att iakttagelserna öfverensstämma med andra nordiska resandes, och att man alldeles icke är berättigad att betvifla dem.

Parry, *Franklin* och *Hardisty* öfverensstämma uti uppgiften, att polarljuset visar sig i och under molnregionen. — *Weyprecht* (13) uttalar sig, på grund af sina talrika iakttagelser att polarljuset visar sig i mycket olika höjd, men att denna höjd ingalunda är allt för stor.

På Shetlandsöarne, i nordl. Norge och på Spetsbergen hafva, utom de redan anförda, flere dylika iakttagelser blifvit gjorda.

På Spetsbergen och i finska Lappland har jag äfven sjelf varit i tillfälle att bekräfta (14) dessa iakttagelser.

Med visshet iaktogs, såsom i början af denna afhandling anføres, praktfulla norrskensföreteelser, hvilkas höjd icke kunde öfverstiga molnregionen. Ljusningar omkring topparne på Amsterdams-ön och omkring fjellen i Lappland, hvilka med spektroskopets tillhjälp visade sig vara af polarljusartad natur, iakttogos ofta under resor 1868—70.

De egendomliga ljusfenomen, hvilka under hösten och vintern 1882—3 iakttogos i finska Lappland, då norrskenets spektralreaktion kunde erhållas från alla föremål, höra äfvenledes hit.

Dylika ljusföreteelser hafva ej sällan blifvit iakttagna af sjöfarande i Ishafvet, och en anteckning härom finnes äfven meddelad.

Mätning af polarljusets höjd i Godthaab.

Såsom den mest slående bekräftelse på riktigheten af dessa observationer tjena de mätningar af polarljusets höjd, hvilka blifvit utförda i Godthaab på Grönland.

Ingeniören Fritz anför härom följande: I motsats till de stora tal, hvartill många uträkningar af norrskenets höjd hafva fört, kan jag meddela ganska små tal. Dessa stöda sig på samtida noggranna bestämningar af sigtlinierna till norrskenets undre rand från två i horizontallinie på något afstånd från hvar andra belägna stationer.

Den 15 mars 1872 erhöles vid en sådan bestämning i Ivigtut ($64^{\circ}\frac{1}{4}$ nordl. lat. $48^{\circ}\frac{1}{2}$ vestl. long. till Greenw.) norrskenets höjd 650 fot öfver vattenytan på 1700 fots afstånd från observatorn.

Den 26 februari samma år 170 fot öfver vattenytan på 380 fots afstånd.

Ej sällan visar sig polarljuset följa konturerna af berg och dalar i det landskap, hvaröfver det visar sig. ⁽¹⁵⁾

Härtill ansluta sig de vackra bestämningar, hvilka den danska polar-expeditionen under ledning af Poulsen 1882—83 utfört, äfvenledes i Godthaab. ⁽¹⁶⁾

Herr Poulsen yttrar:

»Under oktober och december utförde expeditionen flere bestämningar af norrskenets parallax (d. v. s. skilnaden mellan de vinklar, som sigtlinierna från två orter till en punkt af norrskensbågen bildar med horizontalplanet). Afståndet mellan de stationer, från hvilka iakttagelserna utfördes, var 5,8 kilometer uti den magnetiska meridianens riktning. Iakttagelserna utfördes endast i stationernas vertikallinier, och samtidigt, med tillhjälp af eldsignaler, som på förhand voro aftalade. Endast den nedre randen af polarljusbanden bestämdes, emedan denna rand städse är den bäst begränsade. Under den nämnda tiden uppmättes höjden af inalles 32 ränder. Nedan angifna resultat visa, att polarljusets nedre gränser kunna vara mycket lägre ned än man i allmänhet hittills medgifvit.

Sålunda visade sig att af 32 uppmätta höjder af polarljusränder, att

10 hade en parallax under	1°
5 » » imellan	1° och 2°
4 » » »	3° » 4°
3 » » »	5° » 6°
4 » » »	7° » 8°

6 hade resp. 10°, 14°, 15°, 17°, 86° och 143°

Utelemnas de, hvilkas parallax understeg 1°, så erhålles för de öfriga 22 följande höjder i kilom.

67,81	7,43
59,60	6,16
54,73	5,28
46,94	3,72
45,04	3,69
38,07	3,22
29,81	2,87
19,14	1,99
9,76	1,96
9,40	1,35
7,67	0,61

De tre höjderna 1,99, 2,87 och 3,22 motsvara samma ljusband, hvars höjd bestämdes 3 ggr. efter en tidsintervall af 2^m. — De två norrskenen med höjden af 1,35 och 0,61 kilom. utbrede sig öfver fjorden mellan de två observationsorterna. Från den sydligare stationen såg man dem med höjder resp. 13°,6 och 30°,3 över norra horisonten; den nordligare stationen fann höjderna öfver södra horisonten 80°,5 och 7°,3. Dessa begge norrsken äfven som det, hvars höjd uppmättes 3 ggr, hade form af ridåer med talrika veck.

Utom mig hafva tre observatörer, bland hvilka Kleinsmidt, sedan lång tid förtrogen med dylika observationer, varit i tillfälle att iakttaga norrskenets uppträdande under molnen.»

Ur de ofvan framställda mätningar och bestämningar framgår tydligt ett resultat, nämligen:

att polarljuset uppträder i mycket varierande höjd, från några hundra meter till flera tiotal kilometer.

Emedan de lägsta tal för höjden oftast erhållits i polartrakter, synes man berättigad sluta, att polarljuset i dessa trakter visar sig närmare jordytan.

Om de använda mätningarna.

Bestämningar från Sodankylä.

Då de tidigare bestämningarna, T. Bergmans från förra seklet och ett stort antal bestämningar från detta sekel, gifva högst betydliga höjder, så är skäl att se till huruvida resultaten äro fullt tillförlitliga.

Naturligtvis äro sjelfva mätningarna utförda på ett tillfredsställande sätt, men frågan är huruvida sjelfva fenomenet är af den natur, att de utförda mätningarna kunna gifva säkra resultat, när beräkningen utföres efter någon af de uppgifna metoderna.

Då polarljuset, såsom vi skola visa i denna afhandling, ovedersägligen är ett fenomen, som frambringas af en elektrisk ström uti atmosfären, så faller alldeles af sig sjelf, att det är utbreddt öfver en stor rymd. Teori och erfarenhet gifva vid handen, såsom framdeles skall visas, att den rymd, som är sjelflysande, måste sträcka sig i det närmaste utefter norrskensbältet, så att dess största utbredning vanligen sammanfaller med denna riktning. Dess utbredning i magnetisk nord-syd och dess djuplek eller utsträckning i vertikal led kunna naturligtvis vara högst betydliga. Af dessa måste den förra säkerligen ofta mätas med flere hundratals kilometer och den senare med flere tiotal.

Att detta fenomen för en åskådare på jorden skall visa sig som en båge på norra himmelen, om observationsorten är söder om den lysande rymden, är sjelfklart. Då ljusrymden är utsträckt utefter norrskensbältet, så kommer tydligen bågens högsta punkt att nära sammanfalla med den magnetiska meridianen, mot hvilken detta bälte är i det närmaste vinkelrätt. Då ljusets intensitet i denna rymd är underkastad betydande variationer, såväl uti horizontal som vertikal led, så är tydligt att sistnämnda vilkor ingalunda alltid blifver uppfyllt.

Tänka vi oss tvenne observationsorter, A och B, belägna på den magnetiska meridianen på afståndet a från hvarandra och A sydligare än B, så kunna följande fall inträffa:

1:o Bägge orterna befinna sig söder om den lysande rymden.

Iakttagare i A och B måste vid norra (magn.) horisonten se en båge, hvars höjd och utsträckning bero af observationsorternas totala afstånd från ljusrymden ($=d$) och deras inbördes afstånd a . Är afståndet från ljusrymden stort, t. ex. $d=100$ eller 1000 ggr a , så gifva mätningarna

af bågens utsträckning och höjd i det närmaste lika resultat, och skilnaden mellan de vinklar, som sigtlinierna göra med horizontalplanet, eller den så kallade *parallaxen*, blir mycket ringa. För att höjden nu skall erhållas säker, så måste denna ringa parallax uppmätas med hög grad af noggrannhet, hvilket i anseende till polarljusbågens osäkra konturer är ytterligt svårt, om ej alldeles omöjligt.

Då ljusintensiteten uti en ort af bågen beror af ljusrymdens utsträckning uti synliniernas riktning (se *not. V*) så måste den intensivaste delen af ljusbågen synas på de orter, hvarest denna utsträckning är störst. Då denna riktning är *olika* för begge observationsorterna, så komma klarligen *olika* belägna bågar att synas i A och B, ehuru de i *närvarande* fall nära sammanfalla.

Närmas observationsorterna A och B till ljusrymden, så ökas visserligen parallaxen, men de olika bågar, hvilka synas från A och B, skiljas allt mer från hvar andra, hvilket åter bidrager att minska denna storhet (parallaxen).

Är ljusrymdens utsträckning stor i N-S led, så närma sig sigtlinierna från A och B till att bli parallela, hvilket gifver resultatet

$$h = \text{höjden} = \text{oändlig.}$$

2:o Observationsorterna A och B befinna sig begge *under* sjelfva ljusrymden.

Har denna en betydlig utsträckning i magnetisk N-S, så komma iakttagarna åter att se skilda bågar och sigtlinierna sträfvat att blifva parallela, förutsatt att ljusintensiteten är jemt fördelad i ljusrymden, och ljuset, såsom oftast torde vara fallet, af ringa intensitet.

Endast i det fall, att ljusrymden har en ringa utsträckning i N-S, kan i detta, likasom ock i det föregående, tydligen approximativa värden erhållas. Om t. ex. ljusintensiteten i någon ort ökas, och denna ort observeras från A och B, så kan höjden erhållas ganska säker. Likaså om A och B äro nära hvar andra och höjden af polarljusbågens nedre rand uppmättes.

Den danska expeditionens mätningar förtjena därför mycket förtroende, likaledes Fritz bestämningar.

Huru osäkra bestämningarna dock äfven i detta fall kunna blifva, visar följande mätning, som utfördes i Sodankylä (n. lat. $67^{\circ} 24',6$) den 8 december 1882.

Den finska polarexpeditionen hade nyligen slutat de förberedande arbetena för bestämning af polarljusbågens höjd i den magnetiska meridianen. Den ledning, som var upprättad

i nord-syd för studiet af jordströmmen, tjenade på samma gång som ledning för telefonen, så att observationerna utfördes på telefonsignaler. Två teodoliter, försedda med dioptrar och vertikalcirklar, uppställdes, den ena på Sodankylä-stationen, den andra på ett afstånd af 4,5 kilometer mot norr. Iakttagelserna utfördes af Biese vid södra stationen, och af Petrelius vid den norra.

En norrskensbåge syntes i norr, med ett mildt ljus, tidtals föränderligt, jemte ett böljande band.

Inställningar skedde såväl på norrskensbågens nedre rand som ock på bandets, i den ordning, som vidfogade siffror utvisa.

Norrskensbågens nedre rand. De böljande band. nedre rand.

	Södra stationen.	Diff.	Norra stationen.	Södra stationen.	Norra stationen.
1	7° 16'	+ 0° 1'	7° 17'	6 10° 13'	— 2° 36' 7° 37'
2	9° 37'	— 0° 49'	8° 48'	7 6° 38'	— 4° 7' 2° 31'
3	11° 19'	— 2° 55'	8° 24'		
4	12° 17'	— 2° 26'	9° 51'		
5	12° 49'	— 2° 4'	10° 45'		
med.	10° 39'		9° 1'	med. 8° 25',5	5° 4'
8	5° 19'	+ 1° 39'	6° 58'		
Observat.	gifva således	för norrskensbågen	— 1° 38'	(5 obs.)	
»	»	»	senare + 1° 38'	(1 »)	
»	»	»	för det bölj. bandet	— 3° 21',5 (2 »)	

Om man antager, att de begge iakttagarne verkligen sett samma fenomen, så skulle detta resultat vara absurd, ty om polarljusbågen hade befunnit sig på oändligt afstånd, så skulle vinklarne blifvit *lika stora*; för öfrigt hade vinkeln vid den *norra* stationen bordt *blifva större* än vid den södra, men i stället blef den mindre.

Häraf följer, att de begge observatörerna ej sågo samma fenomen.

Ett annat bevis för detta faktum är, att Biese sände följande telefon-depesch: »Sigta in på den ort, hvarest den röda strålen synes», men på den norra stationen såg man icke spår till denna stråle.

När tvenne iakttagare på ett afstånd af 4,5 kilometer kunna få se så olika företeelser, så faller af sig sjelf, att de mätningar, hvilka blifvit anställda med mycket långa baser, måste blifva högst osäkra.

Till samma resultat leda de franska iakttagelserna från

Bossekop och Jupvig. Det finnes intet, som berättigar oss att förkasta 3 observationsserier, emedan de lemna en negativ parallax! Detta bevisar blott, att observatörerna sett olika bågar, härledande sig från en ljusrymd, projicierad på norra himmelen.

De säkraste bestämningarne äro klarligen de, uti hvilka parallaxen är störst, således i ordning n:is 3, 2 och 6 etc.

I likhet med hvad Poulsen gjort med observationerna i Godthaab, anse vi dem, i hvilka parallaxen understiger 1° böra utelemnas. Beräknas de öfriga, så fås:

	Höjd.	Afstånd.
3° =	29,45 kilometer	43,53
2° =	24,19 »	101,95
6° =	23,58 »	143,73

Vi finna här af, att dessa af alla för goda ansedda observationer gifva ganska låga tal för höjden, och att dessa höjder hellre äro för stora än för små framgår af det förut anförda.

3:o Befinna sig observationsorterna norr om ljusrymden, så synes en båge i söder. Naturligtvis kunna äfven här samma misstag i afseende å höjden uppkomma genom mätningar i meridianen.

I allmänhet kunna vi säga, att det öfvervägande största antal mätningar, beräknade efter denna metod, måste vara oriktiga, emedan observatörerna endast i få *undantagsfall verkligen sett samma fenomen*. Resultaten utfalla städse för höga, emedan, såsom vi sett, sigtlinierna sträfvat att blifva parallela.

Sophus Tromholt har föreslagit en metod, nämligen att uppmäta bågens öfre och nedre ränder från bägge stationerna och på grund här af beräkna höjden. Nekas kan ej att denna metod i flere fall (då observationsorterna befinna sig söder eller norr om ljusrymden) skulle gifva ett temligen noggrant resultat, men dock endast i det fall, att ljusrymden har en ringa utsträckning i N-S.

Den under 2:o anförda metoden (pag. 33) är egnad att gifva de säkraste resultat, om observationerna ske *fullkomligt samtidigt* och den lysande punkt, hvars höjd bestämmes är tillräckligt utmärkt från omgifningen, äfvensom om afståndet mellan observationsorterna är ringa.

Denna metod har dock ytterst sällan blifvit tillämpad, och oss veterligen ej under så gynsamma förhållanden, att några säkra resultat vore att förvänta.

Den tredje metoden, hvarvid man utgår från antagande, att den synliga bågen utgör en del af en cirkelformig *ljus-*

krans i rymden, hafvande sin medelpunkt i närheten af den magnetiska polen och föröfrigt belägen uti ett *plan*, vinkelrätt mot den jordradie, som genomgår ljuskransens medelpunkt, måste städse blifva *den mest osäkra*. Metoden har ofta blifvit använd och har ledt till mycket höga tal för höjden; 200 kilometer och än mera. Senast har metoden, såsom vi sett, blifvit tillämpad af Nordenskiöld, som derur dragit den slutsats som pag. 29 blifvit anförd.

Det märkliga härvid är, att en ljusrymd, utsträckt utefter norrskensbältet på en höjd af ett par tiotal kilometer och ett afstånd af något öfver 100 kilometer, kommer att visa sig i det allra närmaste såsom Nordenskiöld observerat *den vanliga bågen* i trakterna af Behrings sund.

Bågens läge till den magnetiska meridianen blifver detsamma, likaledes bågens krökning; det är endast afståndet ifrån åskådaren och höjden öfver jordytan, som blifva annorlunda.

Antages t. ex. ljusrymdens höjd öfver jordytan = 22 kilometer, dess utsträckning uti N-S = 120 kilometer, afståndet till observationsorten äfvenledes 120 kilometer, så visar sig detta ljuslager, hvars utsträckning utefter polarljusbältet bör vara minst 500 kilometer, i form af en båge, upptagande omkring 90° af horisonten. Dess högsta punkt ligger i magnetisk nord och höjden är i det närmaste 10° öfver horisonten. Ljuset i bågen är temligen jemt fördeladt, dock utan skarpt begränsade kanter. (Se not V). Att polarljusbågen aldrig visar sig med väl begränsade kanter, är känt af alla forskare.

Hvaraf härleder sig då, att bestämningen af höjden utfaller så hög enligt Nordenskiölds beräkning? Det härleder sig deraf, att mätningarne af bågens utsträckning längs horisonten alltid måste utfalla för låga, emedan den lysande rymden åt begge sidor sjunker under horisonten.

Vår uppfattning är sålunda, att Nordenskiöld verkligen sett en lysande rymd på 20 å 40 kilometers höjd och på ett afstånd af omkring 150 till 300 kilometer, ty ett sådant fenomen skall städse gifva ungefär de data, som observations-tabellerna utvisa. Vegas vinterhamn låg i närheten af maximal-zonen.

För senare tider finnas höjdbestämmingar af Tromholt, Rand Capron (16), Donati m. fl., men en diskussion af dessa skulle här blifva allt för omfattande och skulle enligt vår åsigt ej gifva några nya hållpunkter.

Slutsatser.

De anförda mätningarna gifva oss ingen visshet om den öfre gräns i atmosfären, till hvilken polarljuset kan höja sig. Vi måste därför nöja oss med ett sannolikt värde härför, och om vi antaga en höjd mellan 40 och 70 kilometer, så torde vi komma sanningen temligen nära (not VII).

Att polarljuset äfven i sydligare trakter ej sällan visar sig mycket lägre, ända till *några kilometer* ofvan jordytan, måste anses vara afgjordt. Vissa former af polarljus kunna till och med uppträda invid sjelfva jordytan, i synnerhet på fjelltoppar i polartrakterna i form af svaga flammor.

Att ett stort antal äfven intensiva polarljus försiggå i molnregionen eller nedan om den samma visar de talrika observationer, hvilka af oss blifvit anförda, och vid hvilka en approximativ uppskattning af polarljusets höjd blifvit utförd genom jämförelse med föremål på jordytan.

V. Allmän öfversigt af jordmagnetismen.

1. Jordens närvarande magnetiska tillstånd.

Ofvan har blifvit nämndt, att ett märkligt samband råder mellan polarljuset och magnetiska variationer och stormar. För att betydelsen häraf må framstå klart, skola vi gifva en kort framställning om jordens närvarande magnetiska tillstånd och de förändringar det samma är underkastadt.

De magnetiska konstanterna.

Om vi upphänga en vanlig magnetnål så, att den blifver fritt rörlig i horizontalplanet, så är allbekant, att den städse ställer sig i en och samma riktning, i det närmaste i Nord-Syd. Aflägsnas den från detta läge och öfverlemnas åt sig sjelf, så återtager den efter några svängningar sitt ursprungliga läge.

Det finnes således en bestämd kraft, som återför nålen till detta läge och der kvarhåller den. Denna kraft kallas den *jordmagnetiska kraften* eller kortare *jordmagnetismen*. Likasom hvarje annan kraft är den först då bestämd,

om vi känna dess storlek och dess riktning. Se vi efter huru magnetnålen är riktad i förhållande till ortens meridian, så finna vi, att dess axel afviker från meridianen och med den samman bildar en vinkel. Denna vinkel kallas *magnetnålen missvisning* eller *deklinations*. Ett plan, som vi tänka oss lagdt genom magnetnålen axel och jordens medelpunkt, afskär med jordytan en linie, som kallas ortens magnetiska meridian.

Upphänga vi magnetnålen så, att den är fritt rörlig uti vertikalplanet, omkring en horisontel axel, så finna vi, att den med horisontalplanet bildar en viss vinkel. Låta vi nu tillika vår nål ställa sig så, att dess riktning infaller i magnetiska meridianen, så kallas den vinkel, som nålens axel bildar med horisontalplanet: *den magnetiska inklinationen*.

Skulle vi kunna göra magnetnålen fritt rörlig i så väl det ena som det andra planet, så skulle den ställa sig så, att dess axel vore riktad såsom den magnetiska meridianen, men tillika skulle den med horisontalplanet bilda en vinkel, lika stor med inklinationen.

En sålunda uppställd magnetnål utvisar den verkliga riktningen af den jordmagnetiska kraften.

Om nu tillika storleken af denna kraft uppmätes på en ort, så hafva vi för denna ort bestämt de så kallade *magnetiska konstanterna*, d. v. s. *deklinations*, *inklinations* och *intensitet*, genom hvilken kraften är fullkomligen känd.

Alla tre konstanterna hafva mycket olika värden på olika punkter af jordytan.

Deklinations, som för närvarande hos oss är vestlig, aftager ju mera vi gå mot öster och blir slutligen 0° , hvarefter den öfvergår till ostlig. Gå vi åter vesterut, så möter oss likaledes en ort, der deklinationen är 0° . Tänka vi oss en linie dragen rundt omkring hela jorden genom alla de orter, uti hvilka deklinationen är 0° , så skulle denna linie vara belägen såsom den i norr och söder gående breda linien, fig. 3, utvisar.

Följa vi t. ex. utefter den 50:de parallelen, så är deklinationen på den meridian, som går igenom Paris omkring 20° ; vid 20° ostlig longitud från Paris har den redan minskats till 10° och på litet mera än 40° är den redan 0, hvarefter den öfvergår till ostlig, ökas mycket långsamt till omkring 20° och aftager derefter till 0° , hvilket inträffar omkring 90° vestlig longitud från Paris. Från 90° de longitudsgraden blifver deklinationen åter vestlig, stiger på 40° vest. longitud till 38° och börjar derefter aftaga.

I östra delen af Asien förekommer en ganska stor yta,

bildande en sluten figur, inom hvilken deklinationen varierar från 0° till endast 5° ; denna yta finnes aftecknad fig. 3, östra halfklotet.

Öfriga egendomligheter uti deklinationens föränderlighet kunna uti vår öfversigtliga framställning förbigås.

Vi erhålla en ganska klar öfversigt af deklinationsförändringarne på jorden uti det system af linier, som infördes af Duperey uti hans magnetiska karta af 1836, och som har erhållit namn af magnetiska meridianer.

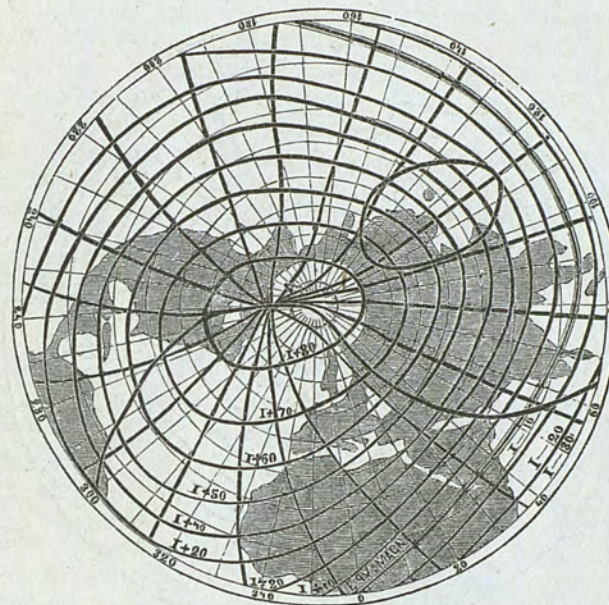


Fig. 3.

Om man föreställer sig linier, utgående från ett antal punkter på eqvatorn, dragna uti deklinations-nålens riktning och sedan fortsatta från ort till ort, beständigt uti nålens riktning, både mot norr och söder, så uppkommer ett system af magnetiska meridianer på jorden. De äro långt ifrån att, i likhet med de astronomiska meridianerna, bilda ett regelbundet system, men de tjena likväl att gifva en tydlig bild af den stora graden af regelbundenhet hos jordmagnetismen.

Betraktar man en karta, på hvilken dessa linier äro dragna (fig. 3 och 4), så finner man lätt, att de alla samman-

löpa mot två punkter, den ena belägen i norra halfklotet ($73^{\circ} 35'$ nordl. lat. och $264^{\circ} 21'$ ostl. long. från Greenw.); den andra uti södra halfklotet ($72^{\circ} 35'$ s. lat. och $152^{\circ} 30'$ v. l. fr. Greenw.).

Ehuru dessa liniers riktning i allmänhet är härledd ur observationer, så har man likväl måst fylla de luckor som uppstått genom beräkning (enligt Gauss teori).

För öfrigt äro linierna dragna genom hvar 20:de longitudsgrad, begynnande från en af de punkter, hvori den magne-

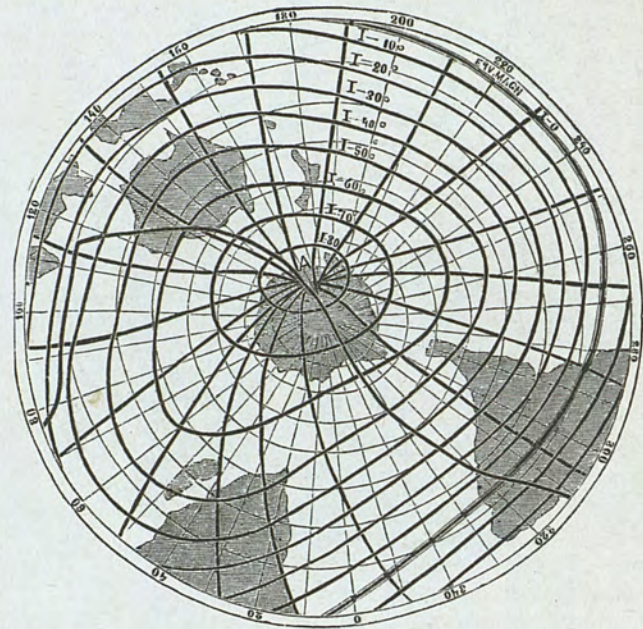


Fig. 4.

tiska eqvatorn skär jordeqvatorn; den andra skärningspunkten har då äfven sin magnetiska meridian.

Inklinationen förändras likaledes från en ort till en annan men ligger alltid mellan 0° och 90° . Tänka vi oss en linie dragen genom alla de orter, hvarest inklinationen är lika med 0° , så löper denna rundt omkring jorden i närheten af eqvatorn, hvilken skäres af den samma i två punkter, belägna på motsatta sidor af jorden; den ena strax vester om Afrika i Guineaviken, den andra i Stilla Oceanen. Af

fig. 3 synes huru denna linie, som kallas jordens magnetiska eqvator, är belägen.

Aflägsna vi oss från eqvatorn mot norr, så ökas inklinationen, d. v. s. magnetnålens nordända kommer att luta nedåt, dess sydända stiger derimot uppåt. Fortgå vi sålunda mot norden, så ökas inklinationen allt mer, och på en ort, belägen omkring $266^{\circ} 4'$ ostl. longitud till Greenw. och $73^{\circ} 21'$ nordl. latitud, på vestra kusten af ön Boothia Felix, uppnår den 90° , d. v. s. att magnetnålen är vinkelrät mot horizontalplanet. Denna punkt, som uppnåddes af den berömde kapten Ross 1830, har blifvit kallad jordens *magnetiska nordpol*.

Utgå vi från eqvatorn mot söder, så erhåller magnetnålen en lutning åt motsatt håll; det är nu dess sydända, som sänker sig under horizontalplanet. Denna lutning tilltager i den mån vi närma oss sydpolen, och uppnår 90° på en ort belägen $150^{\circ} 44'$ ostl. longitud och $72^{\circ} 40'$ sydlig latitud från Greenw. Denna punkt kallas jordens *magnetiska sydpol*. På fig. 3 och 4 framställes gången af de linier, som blifvit dragne genom orter med samma inklination. De bilda ett slags parallel-cirklar öfver jordytan, hvilka dock betydligt afvika från de astronomiska paralleler. (not. VII a.)

Likasom hvarje annan kraft kan den jordmagnetiska kraften till sin styrka eller intensitet uppmätas, d. v. s. jämföras med en annan kraft, hvars storlek är känd. Af skäl, som förestafvats af bekvämlighet vid mätningen, har man jämfört den med en kraft, som åt en massa af 1 milligram skulle på 1 sekund gifva ett tillskott i hastighet af 1 millimeter. Säg vi således, att magnetismens intensitet är 5, så mena vi dermed, att magnetnålen, d. v. s. inklinationsnålen, instäld i den magnetiska meridianen, qvarhålls i sitt läge af en kraft, som är 5 gånger större än den, som åt 1 milligram på en sekund skulle gifva tillskott i hastighet af 1 millimeter.*

Vid bestämmandet af kraftens intensitet för en ort har man tillika funnit bekvämast att uppmäta endast den del deraf, som verkar i horizontalplanet, parallel med magnetiska meridianen, och hvilken därför fått namn af jordmagnetismens *horizontala komposant*. Den andra delen, som är belägen i vertikalplanet och vinkelrät mot den förra, kallas dess *vertikala komposant*. Resultanten af begge är naturligtvis lika med hela den jordmagnetiska kraften.

* I det nu allmänt antagna systemet hafva vi i stället för 1 mgr 1 cgr, och för 1 mm., hafva vi en cm.; detta system kallas C.G.S.-systemet

Om vi på en ort uppmäta inklinationen och den horisontala komponenten, så kunna vi beräkna hela intensiteten.

För orter, belägna på den magnetiska eqvatorn, är den horisontala komponenten lika stor med hela den magnetiska kraften; den vertikala komponenten åter är lika med 0. Aflägsna vi oss från eqvatorn, så aftager den horisontala komponenten allt mera, och blir slutligen i de magnetiska polerna lika med 0; den vertikala komponenten ökas åter, och är i de magnetiska polerna lika med ortens hela magnetiska kraft.

Förminskningen af den horisontala komponenten är dock ej alldeles regelbunden, d. v. s. sådan, att den stode i pro-

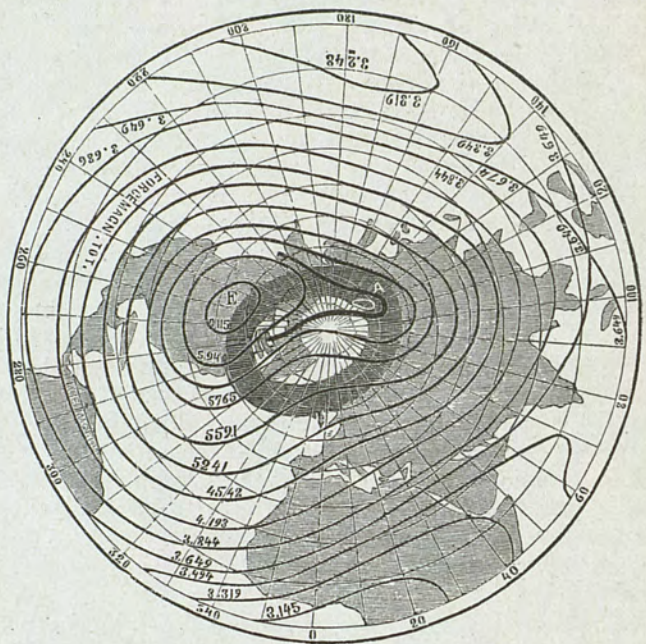


Fig. 5.

portion till afståndet från eqvatorn. Detta skall framgå ur en betraktelse af de förändringar, som hela intensiteten undergår.

De äro på fig. 5 och 6 framställda af linier, dragna öfver jordytan genom alla de orter, som hafva samma magnetiska intensitet. På dessa fig. finna vi först en ort i närheten af ön S:t Helena, hvarest intensiteten är den minsta, framställd af talet 2,828 i fig. 6.

Denna ort omslutes af flere linier, på hvilka kraften småningom ökas till 3,494. Bortom denna möta oss såväl i norr som söder linier, hvilka löpa rundt omkring jorden och utvisa, att kraften småningom ökas såväl åt söder som åt norr. — Betrakta vi särskildt norra halfklotet (fig. 5) så finna vi, att linien med intensiteten 5,765 ännu går rundt omkring jordaxeln, men linien med intensiteten 5,940 bildar en sluten figur i vestra halfklotet omkring en ort *B*, der kraften uppnår sitt största värde 6,160. Denna ort samman-

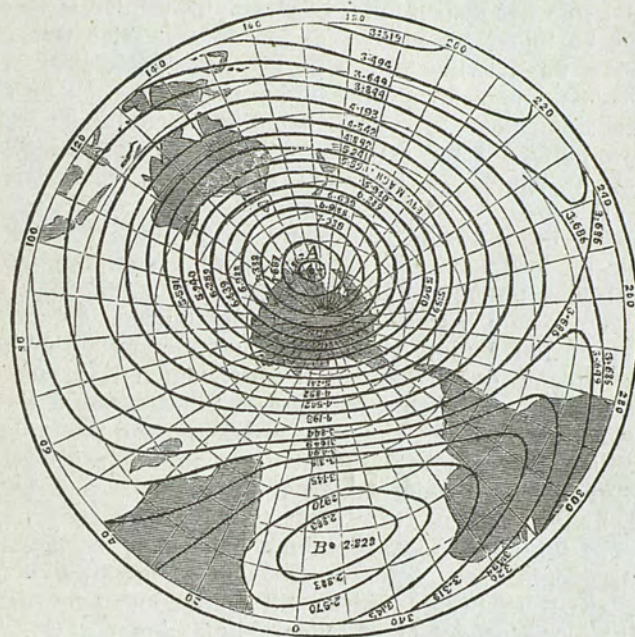


Fig. 6.

faller ej, såsom man skulle väntat, med magnetiska nordpolen, utan är belägen betydligt i sydvest om den samma.

I östra delen af norra halfklotet finna vi en annan ort, *A*, der intensiteten äfven uppnår ett maximum 5,922, men mindre än det förra. Vi se här af, att i norra halfklotet tvenne punkter finnas, uti hvilka den magnetiska kraften uppnår ett värde, som är större än på omkringliggande orter. Intensiteten i dessa punkter är dock ej lika stor, utan såsom vi sett mindre i östra halfklotet. De nyaste forskningarna gifva vid handen

(Erman och Petersen) att endast *ett* maximum 6,282 förefinnes i vestra halfklotet. ⁽¹⁷⁾

En granskning af linierna i södra halfklotet visar oss, att intensiteten äfven der ständigt ökas och att alla linier, till och med den, som är betecknad med kraften 7,862, gå omkring jordaxeln, men följa på långt när ej parallelerna utan ligga betydligt på ena sidan. Alla dessa linier omsluta en ort, uti hvilken intensiteten uppnår ett maximum 7,898. Den punkt, hvarest detta inträffar, är dock ej noggrant känd, men torde vara belägen der punkten A (fig. 6) är utmärkt.

Det som här genast faller i ögonen, är, att den magnetiska kraften är minst på midten af jorden och ökas mot polartrakterna, inom hvilka finnes en centralort, der kraften uppnår ett maximum, men med olika intensitet. Vi se äfven, att den magnetiska kraften är betydligt större (omkr. 0,2 ggr) i södra halfklotet än i norra, och att dess förökande sker mycket hastigare, ju mera vi närma oss centralorterna. (not. VII b).

Detta är i korthet det stora magnetiska system, som herskar på jordytan. Till vår kunskap härom hafva berömde män af alla nationer bidragit, men det finnes dock bland dem några, som särskildt böra ihågkommas, för de stora tjänster de hafva gjort vetenskapen och derigenom menskligheten. Ibland dessa nämna vi norrmanen Hansteen, som under många svårigheter genomreste Sibirien och derigenom bidrog att utvidga vår kunskap; engelsmannen Sabine, hvars outröttliga ihärdighet förskaffat oss vidsträckta insigter om jordmagnetismen i polartrakterna; de engelska polarfararne, bland hvilka kapten Ross utan tvifvel har hedersrummet; samt den berömde A. v. Humboldt och astronomen Lamont, hvilka, genom resor och konstruktion af noggranna instrument, gifvit oskattbara bidrag till denna kunskapsbyggnad.

Uti förbättrandet af metoden vid mätningen af de magnetiska konstanterna intaga dock Gauss och Weber måhända främsta rummet. Den förre har ock framställt en snillrik matematisk teori för jordmagnetismen, som hör till de bästa teorier, som någonsin blifvit frambragta. Utgående från ett enkelt antagande om en viss qvantitet magnetism uti hvarje rymdenhet af vår jord, visar han att den jordmagnetiska kraften, både till riktning och storlek, kan beräknas genom en formel, om man blott känner värdet af de magnetiska konstanterna för ett antal orter öfver hela jorden. Vidare böra här nämnas Gilbert, Poisson, Arago, Kupffer, Erman, Bravais, Becquerel m. fl.

2. Magnetiska variationer.

De sekulära variationerna.

Har den jordmagnetiska kraften alltid varit lika fördelad öfver jordytan? Denna fråga måste besvaras nekande, ty iakttagelserna visa, att den både till riktning och storlek är underkastad ständiga vexlingar. Dessa förändringar eller variationer kunna hänföras under tvenne grupper, nämligen sekulära och dagliga variationer.

Följa vi gången af de bestämningar, hvilka blifvit gjorda t. ex. på deklinationen i Paris, så synes att den undergått betydliga förändringar, som närmare utvisas af följande serie:

År.	Deklination.	År.	Deklination.
1580	11° 30' ostl.	1814	22° 34' vestl.
1618	8° » »	1819	22° 29' »
1663	0° » »	1822	22° 11' »
1770	8° 10' vestl.	1832	22° 3' »
1780	19° 55' »	1842	21° 25' »
1805	22° 5' »	1852	20° 20' »

Vi finna här af, att deklinationen år 1663 eller 64, från att hafva varit ostlig, öfvergick till 0° och sedan blef vestlig. År 1814 hade den sitt vestligaste läge, hvarefter den åter började aftaga. Förändringarne äro på långt när ej lika stora alla år.

Likartade förändringar äro äfven inklinations och intensitet underkastade.

Af de sammanställningar och jemförelser, som blifvit gjorda med magnetiska bestämningar från olika tider, framgår med ganska hög grad af sannolikhet följande slutsatser:

att jordens magnetiska poler rotera omkring jordens axel uti en kroklinie, som sammanfaller ungefär med 70:de parallelen;

att tiden för en fullständig rotation uppgår till omkring 600 år. ⁽¹⁸⁾

Det säkra är, att ett dylikt antagande temligen väl förklarar de fenomen, som dermed stå i sammanhang. Tänka vi oss, att den magnetiska nordpolen 1664 låg på samma meridian som Paris, så måste deklinationen då vara 0° och inklinationen hafva sitt största värde, om den tillika låg på

samma sida om jordens nordpol. I sjelfva verket vet man, att inklinationen omkring den tiden var 75° . Roterar nu magnetiska polen åt vester, så måste deklinationen blifva tilltagande vestlig och inklinationen aftaga. Detta har ock skett ända intill 1814, således under 150 år. Efter denna tid hafva både deklination och inklination förminskats, hvilket mycket väl stämmer öfver ens med antagandet, att magnetiska polen 1814 hade sitt vestligaste läge och då låg på en meridian, som är i rät vinkel med den, som går genom Paris, d. v. s. ungefärligen på den 90:de. Fortsättes denna rörelse regelbundet, så bör deklinationen åter blifva 0° för Paris och inklinationen tillika uppnå sitt minsta värde år 1964. Vid denna tid bör nemligen den magnetiska polen åter befinna sig på samma meridian som Paris, men nu på andra sidan om jordens nordpol. Endast framtida observationer kunna med visshet afgöra detta. Det säkra är, att både deklination och inklination för Paris allt fortfarande aftaga, äfvensom att de förändringar, hvilka jordmagnetismen annorstädes undergår, äfven härmed i allmänhet stämma öfver ens.

Årliga och dagliga variationer.

Vi hafva redan talat om den dagliga vexlingen i de magnetiska variationerna, särskildt deklinationens, samt visat, att dessa äro underkastade förändringar från år till år, periodvis under 11 år.

Under vintermånaderna dec.—febr. är rörelsens storlek hos magnetnålen omkr. 6 bågminuter; under mars—maj är den omkr. $12'$ och under sept. något öfver $7'$.

De tre konstanterna äro underkastade dagliga förändringar, men under det inklinationen når sitt maximum kl. 10 f. m. och sitt minimum kl. 10 e. m., så är intensiteten derimot i minimum kl. 10 f. m. och i maximum kl. 10 e. m. Dessa förändringar försiggå äfvenledes i södra halfklotet, ehuru städse i motsatt riktning.

En sammanställning af observationerna gifver oss i allmänhet följande lag:

Alla de dagliga magnetiska variationerna bero af solen; uti medel-latituder (temp. zonen) hafva de en period af 12 timmar, men emedan rörelsens storlek är mindre om natten än om dagen, så synes gången af företeelsen angifva närvaron af två liktidiga perioder, den ena 24 timmar, den

andra 12 timmar. Storleken af variationerna ökas med latituden; den är vid eqvatorn för deklinationen endast $2'$ å $3'$, men uppgår i polartrakterna till öfver $30'$. I närheten af eqvatorn visar en del af variationerna endast en enkel period, under det den längre perioden har försvunnit.

De iakttagelser, hvilka utfördes under den svenska öfvervintrings-expeditionen på Spetsbergen (1872—73) ⁽¹⁹⁾ visa temligen tydligt, att den dagliga variationen i deklinationen har förändrat karakter, hvilket framgår ur följande jemförelse:

	Temp. zonen.				Spetsbergen.	
	Hufvud. max.	Hufvud. min.	Sekund. max.	Sekund. min.	Max.	Min.
Ort. medelt. 1^t-2^t e. m. 10^t-11^t f. m. 14^t-15^t e. m. 20^t					20^t	4^t

De dagliga variationerna uti horizontal- och vertikal-intensiteten äro äfven underkastade dylika ändringar.

3. Magnetiska perturbationer eller störingar.

De ofvan beskrifna, temligen regelbundna rörelserna hos magnetnålen afbrytes af tillfälliga rubbningar eller störingar, hvilka vi redan omtalat under namn af »magnetiska stormar». Vi skola nu afhandla dem mera utförligt, emedan de hafva ett mycket nära samband med vårt ämne.

Att jordmagnetismen var underkastad tillfälliga rubbningar af mycket egendomlig natur hade redan länge varit bekant, då vår kunskap om dem på ett framstående sätt utvidgades genom den »magnetiska föreningens» i Göttingen verksamhet.

Genom A. v. Humboldts åtgörande hade redan 1828—30 samtida observationer blifvit anställda på deklinationsnålens rörelser i vidt skilda trakter af jorden. Dessa angåfvo en hög grad af öfverensstämmelse, hvilket eggade till nya ansträngningar för vidare forskning. Sedan Gauss förbättrat metoden vid observationerna och den magnetiska föreningen trädte i verksamhet 1834, utfördes en följd af samtida iakttagelser öfver en stor del af Europa. I senare tider hafva dessa blifvit utsträckta till Asien och Amerika, samt till orter i södra halfklotet.

Ur iakttagelserna framgår, att nästan alla de magnetiska stormar, som observeras uti mellersta Europa, tillika kunna spåras öfver större delen af jorden ungefär samtidigt.

De förändringar, som den magnetiska kraften både till riktning och storlek undergår, äro minst i trakten af eqvatorn och tilltaga ju mera man närmar sig polerna. Vi skola beskrifva förloppet af ett par sådana stormar.

Magnetiska stormar.

Den 25 september 1841 inträffade en alldeles ovanligt stark störning af den jordmagnetiska kraften, såväl till riktning som storlek. Uti Greenwich iaktogs, att nålens rörelser voro förorsakade af häftiga stötar; efter hvarje stöt stannade den för några ögonblick, hvarefter rörelsen fortsattes till ett annat läge, för att kort derpå åter derifrån bortstötas.

Samma dag observerades i Toronto, omkring 5,200 kilometer från Greenwich, en märklig magnetisk storm. Den började samtidigt med den förutnämnda, och sjelfva rörelserna voro i allmänhet liktidiga.

En liknande störning iaktogs samma tid på S:t Helena (7,200 kilom. från London och 9,000 från Toronto) och Godahoppssudden, samt kunde spåras ännu i Indien med flere ställen. Det sannolika är, att denna störning öfvergick hela jorden.

Samma dag, som den ofvanbeskrifna störningen af magnetismen försiggick, observerades ett starkt polarljus i Nord-Amerika, England, Norge äfvensom i södra halfklotet, på van Diemens land.

Under det redan omtalade stora polarljuset den 2 september 1859 var magnetnålens rörelser ännu större och mera anmärkningsvärda än i föregående fall. Den magnetiska stormen var vid detta tillfälle utbredd öfver Amerika, Europa och norra Asien samt Nya Holland. I Toronto uppgick deklinationens förändring ända till $3^{\circ} 45'$ och inklinations till *öfver* $2^{\circ} 49'$, ty hela förändringen kunde ej uppskattas, emedan skalan, hvarpå afläsningen skedde, ej räckte till. I Roma utgjorde hela förändringen i nålens läge $4^{\circ} 13'$, dels åt öster, dels åt vester och den förändring, som intensiteten undergick, utgjorde $\frac{1}{3}$ af hela kraften. I Paris och Petersburg voro ändringarne så stora, att de ej kunde mätas med den vanliga skalan. I Christiania uppgick hela ändringen af intensiteten till $\frac{1}{15}$. I Melbourne förändrades intensiteten med $\frac{1}{30}$, och deklinationen med $1^{\circ} 9'$.

De anförda exemplen visa nogsam, hvilken styrka och utbredning de magnetiska stormarne kunna erhålla; men

ehuru de omnämnda rörelserna hos magnetnålen äro ganska stora, så böra de dock anses så endast för mera sydliga trakter.

I polartrakterna inträffa störningar af denna storlek mycket ofta och ej sällan sådana, der deklinationen förändras med 8° till 10° . Vi hafva vid flere tillfällen kunnat iakttaga förloppet af dylika störningar under svenska polarexpeditionen 1868. Det hände ej sällan, att nålen helt plötsligt erhöi en stöt, som jagade den ur synfältet, hvilket upptog 10° , och först efter förloppet af några minuter saktade sig rörelsen så mycket, att afläsning kunde verkställas. Likväl var det oftast omöjligt att följa nålen i alla dess rörelser, emedan de voro i hög grad oregelbundna, ja rent af nyckfulla.

Sådana företeelser hafva blifvit iakttagna af alla polarfarare, som befattat sig med jordmagnetismen. De böra därför anses som ganska vanliga fenomen i polartrakterna, men då de nu endast sällan förekomma i sydligare trakter, så är det sjelfklart, att flertalet störningar skola vara inskränkta till trängre områden, likasom äfven fallet är med polarljuset.

Under den ofta nämnda franska expeditionen på korvetten la Recherche observerades, enligt öfverenskommelser, magnetnålens rörelser på samma dagar som den magnetiska föreningen i Göttingen hade utsatt. En jemförelse mellan dessa observationer med sådana från sydligare trakter visar, att öfverensstämmelsen är ganska ringa och vid flere tillfällen ej alls synlig. Observationer från senare tider hafva ock visat, att ett stort antal af de magnetiska stormarne i polartrakterna hafva en mycket ringa utsträckning.

Vid en sammanställning af observationer från de engelska kolonierna med dylika från Europa finner Sabine klart ådagalagd, att de magnetiska stormarne i tempererade och varma zonerna af jorden städse uppträda *samtidigt* och äro i sina medelverkningar *periodiska företeelser*, hvilka hafva ett förlopp, beroende af sann soltid.

Delas t. ex. deklinationsstörningarne i ostliga och vestliga, så inträffa

de vestliga störningarne och de ostliga störningarne
max. $6^{\text{t}}-10^{\text{t}}$ f. m. min. $7^{\text{t}}-10^{\text{t}}$ e. m. max. $8^{\text{t}}-11^{\text{t}}$ e. m. min. $6^{\text{t}}-10^{\text{t}}$.

Perturbationernas motsatta gång på båda sidor om maxim.-zonen.

Polartrakterna göra här ett undantag, hvilket på ett särdeles vackert sätt blifvit bevisadt af Wijkander (¹⁹) på grund

af deklinations-observationerna under året 1872—73 från Polhem, den svenska stationen på Spetsbergen, jemförda med dem från Port Kennedy och Point Barrow. Wijkander visar att

vestl. störingar	ostl. störingar.
max. 7 ^t —12 ^t e. m. min. 5 ^t —20 ^t f. m.	max. 6 ^t —10 ^t f. m. min. 5 ^t —8 ^t e. m.

således ett förlopp alldeles motsatt det ofvan anförda. (Se not. VII.)

Uti en nyligen utgifven afhandling har Wild (²¹) i detalj studerat en större störing. På grund af observationer medels sjelfregistrerande instrument från flere skilda magnetiska institutioner, har han lyckats visa gången af fenomenet öfver en stor del af jordytan. Afhandlingen åtföljes af »krokinier», som utvisa variationerna uti deklination, inklinasjon, horizontalintensitet och totalintensitet. En jemförelse imellan dessa krokinier från Toronto (49° 39' nordl. lat.) och Pawlowsk visar, att företeelsens gång på dessa orter varit motsatt. När deklinationen och intensiteten ökades i Pawlowsk, så minskades den i Toronto eller tvärt om. På sydligare stationer visade fenomenet samma gång som i Pawlowsk.

Vi finna således, att deklinationsperturbationerna hafva förändrat riktning i det att ostliga perturbationer i polartrakterna ersätta vestliga i tempererade zonerna och tvärtom. Störingar i vertikal-intensiteten och inklinationen följa i allmänhet samma lag, men horizontal-intensitetens förändringar synas vara mindre berörda.

Beträffande årliga antalet af perturbationer, så framgår af observationerna, att de äro

maximum i juni
minimum i december

med ett sekundärt maximum i februari och mars.

Jemföra vi de resultat, hvilka vi erhållit angående de magnetiska perturbationerna, med dem, som vi lärt känna angående norrskenets periodicitet uti polartrakterna, så finna vi en högst märklig öfverensstämmelse.

Genom Tromholts arbeten veta vi, att polarljusets perioder uti polartrakterna hafva ett *motsatt* förlopp mot dem i sydligare länder. Af Wijkanders undersökningar framgår, att störingarna uti deklinationen, då de i polartrakterna äro vestliga, i sydligare trakter äro ostliga och tvärt om.

Uti vissa meteorologiska fenomen har man kunnat spåra samma motsats i förloppet, men för det närvarande äro våra insigter icke nog vidsträckta för att vi skulle kunna fälla ett afgörande omdöme.

Den rol, som maximal-zonen eller norrskensbältet i detta

hänseende spelar, framträder allt mera tydligt. Det lider knappast något tvifvel, att vi i denna zon hafva att söka orsaken till flertalet af de magnetiska stormarna.

4. Jordströmmarna.

Metoder och observationer.

Vi veta sedan lång tid att elektriska strömmar cirkulera i jorden, men det är först i senaste tider som man vid detta intressanta fenomen har fäst ett förtjent intresse.

Barlow torde varit den förste, som utfört försök (1847) att bevisa tillvaron af en kontinuerlig elektrisk ström omkring jorden. Han insatte en galvanometer uti en telegrafledning och observerade dess utslag, men de resultat han erhöill blefvo föga afgörande.

Andra forskare hafva följt hans exempel med mer eller mindre framgång. Ibland de viktigaste försök i denna riktning äro de af Lamont (²²) i München, utförda i oktober 1859, och de af Airy, anställda i Greenwich, från oktober 1867 till juli 1868. (²³)

Vid begge undersökningarna har man följt i det närmaste samma förfarande. Detta består uti att i jorden på ett visst djup och på ett visst afstånd nedsänka metallplattor, förenade med en isolerad metalltråd. Vanligen utläggas plattorna på fyra skilda punkter på så sätt, att ledningstrådarna äro belägna i (magnetisk) nord-syd och ost-vest. Uti ledningarna införes en känslig galvanometer, bestämd att angifva strömmarne till storlek och riktning. Om en ström förefinnes, så afviker galvanometerens nål under inverkan af den samma.

Tillvaron af en sådan ström har blifvit bevisad, men den kan härröra af andra orsaker än sjelfva jordströmmen. Den kan nemligen förorsakas af metallplattornas beröring med jorden eller ock af den kemiska verkan vid deras oxidering. Det är först i senaste tid, som man har lyckats aflägsna denna i vissa fall skadliga verkan. Genom andra medel har man dock lyckats erhålla visshet om jordströmmens tillvaro.

Lamonts och Airys resultat.

Iakttagelser i Lappland.

Galvanometerens afvikning i en jordströms ledning förblifver ej den samma, den förändras nästan ständigt. Forskningen har gått ut på studiet af dessa förändringar under längre eller kortare tid.

Om dessa variationer jämföras med dem hos en vanlig deklinations-nål, så ser man, att de äro af alldeles samma karakter. Lamont har t. ex. observerat, att en ström från norr till söder motsvaras af en vestlig afvikelse hos deklinations-nålen.

Han drager af sina försök den slutsats, att en jordström verkligen finnes, men att den har sin orsak i utjemningar af *statisk elektricitet*, som af en eller annan orsak befinnes olika fördelad öfver jordytan.

Observationerna från Greenwich hafva blifvit beräknade af Airy efter en originel metod, hvarigenom han kunde jemföra variationerna i nord-syd-strömmen med den åt norr riktade magnetiska kraftkomponentens förändringar, och ost-vest-strömmens med vest-komponenten af samma kraft. Resultaten visa en sådan öfverensstämmelse, att man nödgas antaga samma orsak till begge fenomenen. Imellertid uppräda anmärkningsvärda egendomligheter:

1:o) Variationerna i jordströmmen äro talrikare än uti jordmagnetismen.

2:o) Variationerna uti jordströmmen *föregå* dem i jordmagnetismen med en tid, som kan uppgå till flere minuter (stundom ända till 20 å 30 minuter).

Airy drager af resultaten följande slutsatser:

a) Jordmagnetismens hufvudsakliga del kan ej förklaras som en verkan af jordströmmen. Ej heller kan man ännu med säkerhet afgöra om jordströmmen är orsaken till jordmagnetismens dagliga variation.

b) I betraktande af den stora öfverensstämmelse, som råder hos de kroklänier, hvilka framställa gången af jordströmmens variationer och de nämnda magnetiska kraftkomponenternas, kan man ej undgå att draga den slutsats, att de *magnetiska perturbationerna* hafva sin orsak uti galvaniska strömmar i jorden under magneten.

Under den i förordet omtalade expeditionen till *Lappland* 1871 utfördes två serier af försök enligt redan be-

skrifna metod. Den ena i Kittilä, 67° 40' nordl. lat. från medlet af oktober till början af november, den andra i Enare 68° 55' nordl. lat. från 15 till 25 november. Resultaten af dessa försök äro följande:

1:o) I Kittilä visade galvanometeren mycket tydligt en ström från öster till vester. Uti nord-syd-riktningen derimot var strömmen ganska svag och endast omkring $\frac{1}{20}$ af den förra.

Under polarljus visade sig utslaget mycket föränderligt och dessa förändringar stämde mycket väl öfverens med de samtidigt observerade deklinations-variationerna.

2:o) I Enare visade sig jordströmmen i ost-vest-led så liten, att den knappast kunde mätas och nord-syd-strömmen var lika med noll. Till och med vid de tillfällen när polarljuset flammade uti sin största utveckling, kunde man ej iakttaga den ringaste förändring i galvanometerens utslag. (Galvanometeren var mycket känslig.)

Under sommaren 1880 fortsattes undersökningarna af jordströmmen i södra Finland. Såsom jordledningar användes stora zinkplattor, 10 meter långa och 1,2 meter breda.

En jordström af svag intensitet kunde spåras, men dess bestämning i absolut mått visade sig mycket svår.

Under åren 1882—83 och 1883—84 utfördes undersökningar af jordströmmen på den finska polarstationen i Sodankylä och under det senare året äfven i Kultala under jan., febr. och mars. Undersökningen utfördes efter samma metod, som ofvan blifvit angifven.

Ledningarna i Sodankylä hade en längd af 5 kilometer och ändade med platinaplattor (1 kv. decimeter), nedgräfd i jord till ett djup af 1,3.

I Kultala hade nord-syd-ledningen en längd af 2,9 kilom. och ost-vest-ledningen 4,5 kilom. Platinaplattorna voro här nedsänkta i Ivalo elf och dess bielfvar. Ledningarnes riktning var något olika mot i Sodankylä. Nord-syd-linien bildade med magnetiska meridianen en vinkel af 3° och ost-vest-linien en vinkel af 69°. Uti begge ledningarna voro känsliga galvanometrar införda.

De erhållna resultaten kunna sammanfattas på följande sätt:

1:o) I Sodankylä fortgingo variationerna i ost-vest-linien utan afbrott med betydlig storlek. Uti nord-sydlinien voro de mindre och icke så talrika.

2:o) Jordströmmens variationer stodo uti ett intimt samband med de magnetiska.

3:o) Tvenne lika galvanometrar, införda uti hvar sin af

två lika långa parallela ledningar i riktningen ost-vest, af hvilka den ena var belägen 2,5 kilometer mera i öster än den andra, gåfvo fullkomligt lika afvikelser. (Se fig. 7.) (Detta visar tydligen att de observerade utslagen härledde sig från förändringar i jordströmmens elektromotoriska kraft och ej af tillfälliga orsaker.)

4:o) Under det att variationerna, i synnerhet i ost-vest-linien i Sodankylä voro både stora och talrika, voro de deremot ganska sällsynta i Kultala.

Denna egendomlighet, som redan blef anmärkt uti Enare 1871, synes tillkännagifva tillvaron af ett *bälte för jordströmmar*, analogt med maximal-zonen för polarljusen. Detta bälte, i hvilket jordströmmen visar sig mycket variabel, synes vara belägen i söder om norrskenen maximal-zon och det är sannolikt, att dess läge beror af denna.

Bland öfriga observationer på detta område, hvilkas antal med hvarje dag ökas, anför vi dem af Wild⁽²⁴⁾ från Ryssland och dem af Blavier från Frankrike. (Se not. VIII.)

Wild har studerat jordströmmen med korta ledningar i N-S och E-W i Pawlowsk under 1882—84 och dervid funnit resultat, hvilka äro af mycket stort intresse för vetenskapen, såväl med hänsyn till den använda metoden som ock med afseende å sjelfva resultaten.

Dessa öfverensstämma i allmänhet med de af Airy funna, hvilka ofvan blifvit omnämnda. I synnerhet bör framhållas att Wild funnit samma märkliga samband mellan de magnetiska variationerna och jordströmmarna, äfvensom att *de senare föregå de förra* minst 5 minuter. Med Wilds resultat öfverensstämma Blaviers.

Såsom allmänt resultat af undersökningarna framgår med mycket hög grad af sannolikhet att:

a) jordströmmarne stå i intimaste samband med de magnetiska strömningarna; och

b) att de magnetiska stormarna hafva sin *första orsak* uti jordströmmen och dess variationer; jordmagnetismen förstärkes eller försvagas af jordströmmen, hvilken utöfvar samma verkan på jorden som en spiralformig galvanisk ström på en mjuk jernkärna. (Se not. IX).

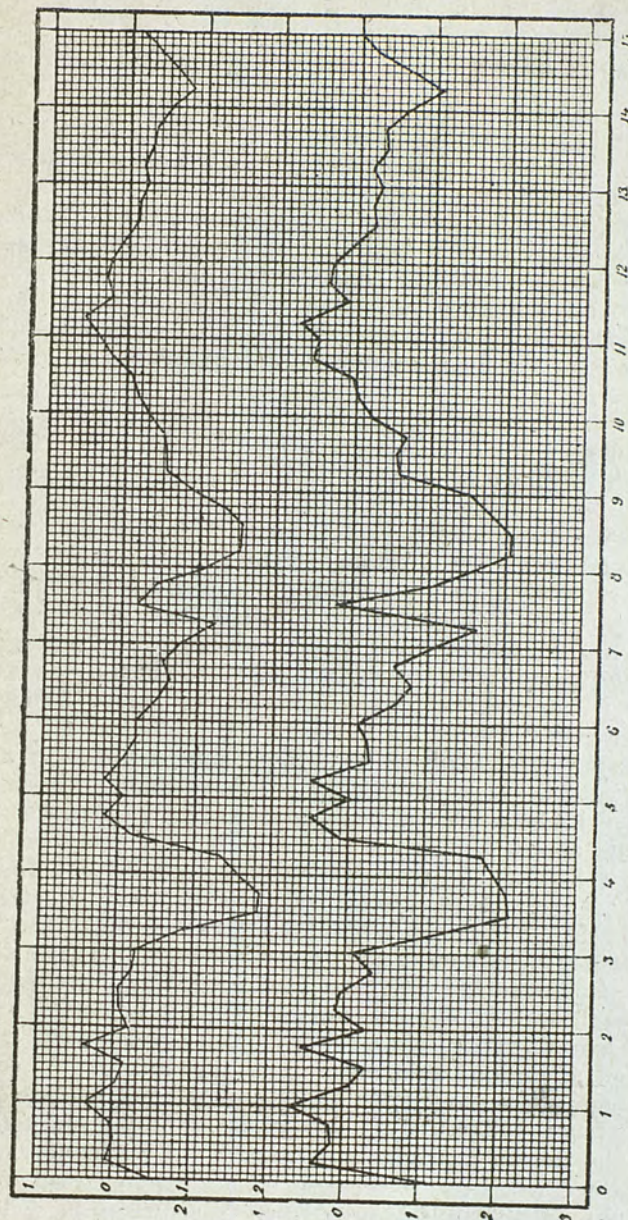


Fig. 7.

Den öfre krokinien framhåller förändringarne i den osligare ledningen, den nedre i den vestligare, sådana de blefvo samtidigt observerade hvar half minut.

5. Om teorier för jordmagnetismen.

För förklaringen af de jordmagnetiska företeelserna hafva många *olika sätt blifvit föreslagna*. De kunna sammanfattas under tvenne afdelningar.

Den ena söker förklara jordmagnetismen genom en eller flere magneter uti jordens inre eller ock genom magnetiska egenskaper hos jordskorpan nedre lager. Den andra söker förklaringen uti elektriska strömmar omkring jorden.

En förklaring, som gör anspråk på att vara fullständig, måste göra reda för följande viktiga omständigheter uti jordmagnetismen:

- 1:o) Jordens närvarande magnetiska tillstånd;
- 2:o) De sekulära och dagliga variationerna;
- 3:o) De tillfälliga *störingarne* eller de magnetiska stormarne.

Emedan jorden, såsom vi sett, har ej mindre än fyra punkter, uti hvilka den jordmagnetiska kraften uppnår ett maximum, så synes genast, att antagandet om en enda magnet i jordens inre är otillräckligt att förklara dess magnetiska tillstånd. Något bättre lyckas denna förklaring genom antagandet af två magneter. Emedan jordmagnetismen utöfvar endast en riktande kraft på en rörlig magnet, ej en tilldragande eller fränstötande, så har man varit tvungen att antaga dessa magneter belägna uti jordens inre, i närheten af dess medelpunkt, en på hvar sida om den samma. Tillika måste dessa jordmagneter antagas mycket korta i jemförelse med jordens axel.

För att förklara de sekulära variationerna, är det nödvändigt att antaga detta system vara rörligt, d. v. s. roterande omkring en bestämd axel. Ett dylikt system kan dock i verkligheten ej finnas, emedan jordens inre massa är i glödande smält tillstånd och alla för oss kända kroppar i detta tillstånd förlora sin magnetism. De måste därför betraktas såsom fingerade eller rättare såsom en antagen representation af jordens hela magnetiska tillstånd.

Vi komma i och med det samma in på den af *Gauss uppställda teori*, enligt hvilken hvarje del af jorden bidrager till dess magnetiska beskaffenhet. (not. X) I stället för att fråga efter den ort, hvarest orsaken till jordmagnetismen var belägen, uppställde han frågan: »Huru bör jorden vara be-

skaffad i magnetiskt hänseende för att alla de fenomen, som vi observera, deraf må kunna förklaras?» På grund af antagandet, att hvarje del af jorden i sin mån bidrager till det magnetiska tillståndet, uppställer han först den allmänna lagen för jordmagnetismens verkan, men emedan denna ej behöfver vara jemt fördelad öfverallt på jorden, så låter han fördelningen bestämmas af observationerna. På sådant sätt erhålles ett matematiskt uttryck, medels hvilket jordmagnetismens verkan på hvilken punkt som helst af jordytan ganska nära kan beräknas.

Vi se här af, att Gauss väl gifvit oss en matematisk teori, men ingen fysisk förklaring.

I själfva verket kan jordens magnetiska tillstånd lika väl vara resultatet af elektriska strömmar, cirkulerande omkring henne, som af verklig magnetism.

Permanent magnetism eller galvaniska strömmar.

Antages orsaken ligga uti en verklig magnetism, antingen i jordens inre eller uti ett jernhaltigt lager under dess yta, så skall man städse råka på svårigheten att förklara de sekulära och dagliga variationerna, utom att man dessutom måste uppställa antaganden om jordskorpan beskaffenhet, hvilka väl kunna vara möjliga, men af inga iakttagelser bekräftas.

Är jordens inre kärna i glödande smält tillstånd, så kan den ej vara magnetisk, och sätet för magnetismen skulle då helt och hållet befinna sig uti den omnämnda delen af jordskorpan. Emedan denna är i fast form, så måste ock det magnetiska tillstånd, i hvilket den befinner sig, vara oföränderligt, men derigenom blifva de sekulära variationerna oförklarliga.

Man har visserligen sökt förskaffa rörlighet i detta system genom antagandet, att jordens fortgående afsvanande skulle åstadkomma förändringar uti jordskorpan magnetiska tillstånd. Men äfven om vi skulle medgifva möjligheten deraf, så kunna vi ej för oss förklara hvarför de sekulära variationerna äro underkastade en så regelbunden gång.

En utväg, som ock blifvit försökt, är att söka föränderligheten uti jordens magnetiska tillstånd uti en direkt verkan från *solen*. Under antagandet att solen vore magnetisk, skulle denna verkan vara af samma slag som den, hvilken utöfvas af en magnet på en annan närbelägen eller på en jernstång.

Af samma orsak, som jordens inre glödande massa ej kan vara magnetisk, så kan dock ej heller solens massa besitta denna egenskap, emedan dess temperatur, såsom alla nyare observationer lägga i dagen, är så utomordentligt hög. (25 a)

Lyckligtvis återstår oss ännu en förklaring, nämligen genom elektriska strömmar, kretsande omkring jorden. Så snart den elektriska strömmens inverkan på en rörlig magnetnål blifvit bekant och i synnerhet sedan Ampère visat, att alla magnetiska fenomen kunna förklaras genom verkan af elektriska strömmar, började ock försök göras att förklara jordmagnetismen såsom verkan af dylika strömmar.

Såsom vi ofvan nämt, lemnar i sjelfva verket Gauss' teori oafgjordt om orsaken till jordmagnetismen ligger uti ett verkligt magnetiskt tillstånd hos jorden eller uti elektriska strömmar omkring den samma. Hans teori gäller i bägge fallen fullkomligt lika.

Redan 1830 anställde Barlow experiment med en stor sfer af träd, i flere hvarf omkretsad af en elektrisk ström, och erhöill det resultat, att de fenomen, som frambringas af jordmagnetismen, verkligen med lätthet skulle kunna förklaras som verkan af elektriska strömmar omkring jorden.

Vi skola i allmänhet ansluta oss till detta sätt att förklara saken, och sysselsätta oss med frågan: hvar finnas dessa elektriska strömmar, och huru kunna de frambringa jordens magnetiska tillstånd?

Hvilka oregelbundenheter, som än må visa sig uti jordmagnetismen, så är det dock mycket lätt att inse, att alla isolerade yttringarne tillhöra ett *och samma magnetiska system*. Denna uppfattning blifver *säkrare genom Gauss' teori*, ty äfven om små skiljaktigheter mellan teori och erfarenhet förefinnas, så måste man dock medgifva, att öfverensstämmelsen är mer än tillräcklig för att visa, att denna uppfattning är den riktiga.

Vi kunna således med fullt förtroende antaga de följder, som med nödvändighet härfluta ur denna teori.

Det finnes ej mera än två sätt att förklara observerade fakta:

Antingen måste man betrakta jorden såsom en *bobine*, hvars hvarf genomlöpas af en elektrisk ström;

eller ock såsom en *elektromagnet*.

Dessa två antaganden äro de enda, hvilka medgifva en förklaring af jordmagnetismens sekulära variationer. Gauss' teori kan säga oss, hvilket af dessa förklaringsätt är det riktiga.

Gauss tänkte sig den jordmagnetiska kraften delad uti tre komponenter:

Nord-komponenten, vest-komponenten och den vertikala komponenten.

Om sätet för jordmagnetismen antages vara beläget i jordens inre, så erhåller man ur Gauss' matematiska formel värden för alla tre komponenterna, hvilka mycket nära öfverensstämma med observerade data.

Antages sätet för samma magnetism vara beläget utom jorden, så erhåller man för nord- och vest-komponenten uttryck, hvilka stämma väl öfver ens med observationerna, men derimot erhålles för den vertikala komponenten — enligt Gauss' beräkningar — ett värde, som är alldeles oförenligt med observerade data. Ingenting hindrar imellertid, att en liten del af jordmagnetismen kan förefinnas utom jorden.

Vi hafva sålunda funnit ett viktigt skäl att icke förlägga sätet för jordmagnetismen *utom* jorden.

Det finnes ännu ett annat skäl, åt hvilket vi böra gifva samma betydelse, ehuru framställningen deraf är något lång.

Om vi antaga, att sätet för jordmagnetismen befinner sig *utom* jorden, så kunna vi endast söka den uti fortvarande galvaniska strömmar, om vi, såsom Gauss säger, vilja utsluta fantasier utan all grund. Ehuru vi ej känna till sådana strömmar, så är vår okunnighet om deras tillvaro icke något skäl för, att de ej skulle förefinnas.

Antaga vi, att de verkligen förefinnas uti en rymd, begränsad af två koncentriskt ytor omkring jorden, så inse vi genast lätt, att de icke kunna vara utan verkan på sjelfva jorden.

För att tydligt bevisa detta, skola vi i korthet framställa de egenskaper, med hvilka jorden i enlighet med våra närvarande insigter bör vara utrustad, på det att kända fysiska lagar må vara tillfredsställda.

Angående jordens inre byggnad känna vi i allmänhet ganska litet, men det, som erfarenheten har bringat i dagen, är fullkomligt säkert och tillåter oss vissa slutsatser, viktiga för vårt ändamål.

Man är i allmänhet ense om att medgifva, att jorden består af en centralkärna i glödande tillstånd, omgifven af en afsvalnad skorpa. Bland de ämnen, hvilka ingå i sammansättningen af denna skorpa, kunna de magnetiska kropparne uppskattas till omkring *två procent* af hela massan, och ehuru de äro ojemt fördelade, så bilda de dock tillsammans en magnetisk kropp.

Fig. 8 gifver en föreställning om den solida jordskorpan. Den yttre cirkeln $n w s d$ föreställer jordytan; en annan cirkel $n' w' s' d'$ betecknar gränsytan för den glödande kärnan. I polernas omgifningar, hvarest afsvänningen fortskridit längre än uti ekvatorialtrakterna, bör denna inre yta hafva den form, som utvisas af $n'' w'' s'' d''$.

De kända lagarne för temperaturens tilltagande i jordens inre, berättiga oss att antaga den stelade skorpan tjocklek till minst 50 kilometer. Fig. 8 framställer den samma mycket förstorad.

Hvarje magnetiserbar partikel besitter ett bestämt värde i magnetiskt hänseende på grund af sin plats i jordskorpan.

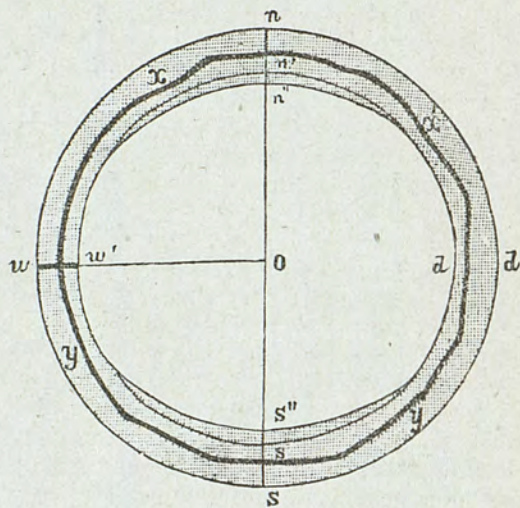


Fig. 8.

Tänka vi oss alla dessa partiklar med sina magnetiska värden förflyttade till en liten rymd, begränsad af en yttre och en inre yta, så uppstår ett lager af endast magnetiska partiklar framställt i fig. med $x x' y y'$.

Vi veta genom noggranna försök, att ett sådant ihåligt lager i magnetiskt hänseende besitter nästan samma egenskaper som om det vore helt och hållet solidt.

De galvaniska strömmar, hvilka vi antagit vara belägna utom jorden, måste verka magnetiserande på detta lager. Emedan verkan af ett sålunda magnetiseradt lager på en

magnetnål, enligt vår erfarenhet från elektromagnetismen, är mycket större än den direkta verkan af strömmarne, så följer deraf, att sätet för jordmagnetismen måste till största delen befinna sig inom sjelfva jorden.

När denna sats blifvit faststeld, återstår att uppsöka de elektriska strömmar, som framkalla magnetismen uti vårt magnetiska lager.

Det magnetiska lagret magnetiseradt genom jordens rotation.

Fordom ansåg man de sökta strömmarne finnas i jordskorpan, d. v. s. uti det fenomen, som vi hafva kallat *jordströmmen*. Våra dagars erfarenhet visar emellertid, att detta antagande ej är tillåtligt; jordströmmen är allt för svag för att frambringa den jordmagnetiska kraften, (not. XI) och är underkastad så starka förändringar, att hela kraften vid vissa tillfällen ej allenast skulle förintas, utan helt och hållet omkastas. Denna ström kan endast, såsom vi hafva sett, frambringa de magnetiska perturbationerna.

Vi nödsakas sålunda annorstädes söka de orsaker, hvilka frambringa den storartade företeelsen af jordens magnetiserande. En framställning af alla de förslag, som blifvit framkastade, skulle föra oss allt för långt från vårt ämne. Vi inskränka oss endast att tillägga, att de sökta orsakerna måste sökas uti jordens rotation uti rymden, och vi hafva sökt bevisa detta, såväl genom försök som beräkningar i en afhandling »Om orsakerna till jordens magnetiska tillstånd». (Se Comptes Rendus de l'Acad. des Sciences, 1880).

Vi hafva med utförlighet måst behandla ofvan stående frågor, för att läsaren må kunna finna sambandet mellan de olikartade fenomen, som de gälla. Vi hafva sett hvilket system af lagar, som beherskar den jordmagnetiska kraften; huru förändringarne uti dess riktning och styrka motsvaras af förändringar i jordströmmen, och huru vid tillfällen af polarljus störningar uppstå såväl i den ena som den andra. Allt detta måste öfvertyga oss om ett gemensamt ursprung för dem eller ock om någon orsak, som utöfvar inflytande på dem alla.

VI. Polarljusets verkningar och dess natur.

1. Polarljusets verkningar på telegraftrådar.

Polarljuset utöfvar ett ganska märkligt inflytande på telegraftrådarne, i synnerhet uti högnordiska trakter, men äfven i sydligare orter, om fenomenet har tillräcklig styrka och utbredning. Vid dylika tillfällen är telegrafering i allmänhet omöjlig. Elektriska strömmar cirkulera då i trådarne med sådan kraft, att telegrafapparaterna af dem sättas i rörelse, dock på ett så oregelbundet sätt, att telegrafering ej kan verkställas.

Under det stora polarljuset den 2 september 1859 voro strömmarne likväl så starka och långvariga, att signaler med dem kunde sändas från en ort till en annan inom För-enta Staterna i N. A. Detta bevisar klarligen, att, under det polarljuset pågår, en elektrisk ström uppstår i jorden, sådan, att den kan ersätta strömmen från ett vanligt Voltas batteri, och som skiljer sig från en dylik endast derigenom, att den är mera föränderlig.

De elektriska strömmar, som uppstodo vid de bägge stora polarljusen den 28 augusti 1859 och det nyssnämnda af den 2 sept. samma år, fortplantade sig i en riktning från nord-ost till syd-vest.

Dylika verkningar observerades äfven på flere stationer uti Europa; uti Schweiz mättes strömmen med en galvanometer och gaf ett utslag, som var tre gånger större än det, hvilket strömmen från det vanliga liniebatteriet frambragte. Vid samma tillfälle observerades strömmar i motsatta riktningar; den ena nord—syd, sammanfallande i det närmaste med ortens meridian; den var dubbelt så stark och varade dubbelt längre än den motsatta strömmen från syd till nord. Under dessa polarljus gjordes äfven i England noggranna iakttagelser på strömmarne uti telegraftrådarne, och ur dem framgår, att en elektrisk ström genomgick hela ön från nord-ost till sydvest.

Det har någon gång inträffat, att elektriciteten i trådarne varit så stark, att man kunnat framlocka elektriska gnistor och till och med elektriska slag ur sjelfva apparaterna.

Alla de anförda fenomenen utgöra viktiga bevis för polarljusets elektriska ursprung, och vi anmärka blott, att de fall, hvilka ofvan blifvit omnämde, ingalunda äro de enda i sitt slag, utan att dylika observationer kunna göras vid alla tillfällen, då polarljusfenomenet är starkt utveckladt.

2. Om naturen af det ljus, som polarljuset frambringar.

Spektral-analys.

Vi hafva redan vid den allmänna beskrifningen af polarljuset talat om de färger, som utmärka det. De vanligast förekommande äro: blekgult, rött, blekgrönt och violett. Oftast äro de, i synnerhet då himmelen är klar, af en renhet och finhet, som gör ett särdeles behagligt intryck på ögat. Hvilka slutsatser man än af en yttlig beskrifning af dess färger må kunna draga om polarljusets natur, så äro de dock af mindre betydighet i jämförelse med dem, som kunna erhållas om spektral-analysen tillämpas på fenomenet.

Detta studium af polarljuset, som redan blifvit utfördt af ett stort antal forskare, börjades af Ångström 1866; han fann först en linie mellan gult och grönt, och senare flere andra. Denna första så kallade gulgröna linie, hvars våglängd utgör 5569—70 enheter af en tiotusendedels millimeter, är så utmärkande för polarljuset, att den samma ofelbart visar sig äfven då det obehägnade ögat ej kan med visshet spåra något ljus. Denna återverkan uti spektroskopet är därför utomordentligt känslig, då det gäller att afgöra, om ett iakttaget ljus är af polarljusartad natur eller ej.

Tillika hafva vi flerfaldiga gånger gjort den iakttagelsen, att ljuset i denna spektrallinie ej synes stilla utan oftast liknar en ström af ljus, hvilket tyder på, att den källa, hvarifrån det har sitt ursprung, ej är kontinuerlig.

I polarljuset förekomma inalles 12 spektrallinier, hvilka i de flesta fall sammanfalla med de linier eller band, som erhållas då spektroskopet riktas mot ett geisslerskt rör, som blifvit försatt i lysande tillstånd genom den elektriska strömmen. (Se not. XI.)

Vidstående figur (9) visar i afdelningen

I. Solspektrets hufvudlinier.

II. De 12 norrskenslinierna.

III. De spektrallinier som erhållas från geisslerska rör i norrskensapparaten. (Beskrifves senare.)

Hvilken betydelse hafva dessa spektrallinier eller band i polarljuset? Enligt allt hvad vi hafva oss bekant om spektralanalysen, så kan ett spektrum med ljusa linier uppkomma endast af en gasformig kropp i glödande tillstånd. Den nödvändiga följden här af är, att de gaser, som ingå uti atmosfären, vid tillfälle af polarljus försättas i glödande tillstånd och, såsom vi framdeles skola se, utgör denna omständighet ett af de viktiga bevis för polarljusets elektriska ursprung.

En betraktelse af polarljusets spektrum (fig. 9) visar oss

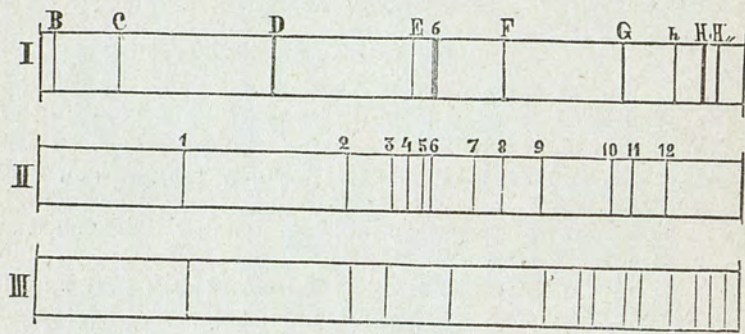


Fig. 9.

vidare, att det är ganska rikt på violetta strålar eller sådana, som företrädesvis utöfva kemisk verkan; detta gifver anledning att antaga, att polarljuset skulle kunna fotograferas. Olyckligtvis hafva talrika försök af den finska polar-expeditionen äfvensom af andra observatörer icke lyckats, ehuru man användt bromgelatinplåtar, som behöfva en mycket kort expositionstid. Kan hända beror detta dock af polarljusets ringa styrka vid tillfället.

Fluorescerande egenskaper.

Några kroppar eller lösningar af kroppar, såsom qvinin-sulfat och kaliumplatina-cyanid, hafva den märklige egen-

skapen att förändra färgen på vissa ljusstrålar, som genomgå dem; de synas härvid sjelfva lysande. Fenomenet, som fått namn af fluorescence består i sjelfva verket deri, att våglängden hos det genomgångna ljuset förlänges. Om en droppe af qvinin-sulfatet belyses af polarljuset, så synes den lysande på dunkel grund; det samma inträffar med en kristall af kaliumplatina-cyanid.

Detta framstod i synnerhet på ett slående sätt vid ett försök, som utfördes af Robinson i Amerika under ett starkt lysande polarljus den 14 mars 1858, i det att etiketten på ett glaströr, som innehöll dylika kristaller, syntes mörk i jembredd med dem, fastän den ej kunde urskiljas uti lampskenen på ett ganska kort afstånd, i det att ljus ifrån den sammanflöt med kristallernas.

Polarljuset åstadkommer således en stark fluorescence, hvilket ock är fallet med den elektriska gnistan, hvarför det anförda äfven i sin mån bidrager att bevisa polarljusets elektriska ursprung.

Vi hafva sökt framställa de hufvudsakliga data, på hvilka polarljusets vetenskapliga förklaring hvilar. Det återstår oss nu att framställa teorin, hvars verkliga värde skall blifva uppskattadt, ju mera den visar sig vara ett sant uttryck för direkt observerade fakta.

Förr än vi öfvergå till den teoretiska delen, skola vi gifva en kort öfverblick af fenomenets betydelse för polartrakternas invånare och öfver några omständigheter, som äro egendomliga för sjelfva trakterna, och hvilka utöfvat ett inflytande på folkopinionen om polarljuset. Emedan denna opinion någon gång citeras, så bör den ej alldeles förbigås, och det synes oss nyttigt att framhålla de orsaker, hvilka bidragit till dess uppkomst.

3. Illusioner frambragta af den långa skymningen och polarljus.

Under den långa polarnatten, då solen kvarblifver flere månader under horisonten, äro i dessa trakter månen och stjernorna de enda källor till ljus.

Hvarje tillökning i ljus, som naturen frambringar, måste vara välkommen för dessa traktens invånare. Sålunda frambringar norrskenet med sitt lifliga och skiftande ljus, sitt ofta plötsliga och oväntade framträdande, en angenäm förströelse. Emellertid kan man ingalunda påstå, att det i nämvärd grad skulle bidra att ersätta det saknade solljuset, ty företeelsen är städse svag och öfvergående. Det börjar vanligen med en svag båge vid horisonten. Från denna utslungas plötsligt långa, lifligt färgade strålar, upptagande ej sällan hela firmamentet, för att vexelvis försvinna och åter uppträda, till dess hela företeelsen efter några minuter utlocknar. Polarljuset är oftast så rörligt och vexlande, att åskådaren blifver slagen med häpnad. Dess lifliga och klara färger smeka ögat, men den hastighet, hvarmed dess former förändras, erbjuder städse någonting oroande för en hvar, som är okunnig om företeelsens totala oskadlighet. De nordiska trakternas invånare hysa en viss förkärlek för polarljuset, ehuru de oftast betrakta det som en öfvernaturlig uppenbarelse. De skåda företeelsen med undran, der de i månens och stjernornas ljus genomfara de snöbetäckta bergen eller isen på någon sjö. Deras känslor äro dock städse blandade med fruktan och, ehuru intagne af det ej sällan storartade skådespelet, känna de dock någon förvirring vid det plötsliga uppträdandet af en företeelse, om hvars orsaker de äro okunniga.

Det milda ljus, som ofta visar sig i polartrakterna och som är af samma natur som polarljuset, är ej sällan till stor nytta vid resor under natten. I detta ljus kan man mycket väl urskilja de omgivande föremålens former och vägleda sig fram på obanade stigar. Likväl synes antalet af de tillfällena, då detta ljus uppträder, vara mycket olika under olika år, beroende af årets allmänna meteorologiska karakter.

Under året 1882—83 uppträdde detta ljus nästan hvarje afton från nov. till januari under det att det högst sällan visade sig det följande året 1883—84. Såsom vi ofvan framställt var polarljusens antal, oaktadt vi befinna oss nästan midt i en maximiperiod, ej ens $\frac{1}{10}$ af det normala.

Men äfven i annat hänseende visade fenomenet en öfverraskande förändring. Åren 1868 och 71 hade vi haft tillfälle att iakttaga de mest skiftande och lifliga färger, redan 1882—83 voro färgerna mycket mera enformiga, och det följande året uppenbarade sig endast *gulhvitt ljus*, med högst få undantag. Man måste häraf draga den slutsats, att ett års observationer aldrig äro tillräckliga att karakterisera

en ort med hänsyn till polarljusets uppträdande, ty det ena året liknar ej det andra, äfven om de utgöra bägge maximi- eller minimi-år.

Observationerna böra städse fortsättas under längre tider och helst omfatta en hel period af 11 år, och ännu hellre naturligtvis en period af 56 år, hvilket dock i dessa trakter länge kommer att höra till de fromma önskningarnes antal.

En hvar känner till det lifliga spelrum för fantasien, som skymningen erbjuder; de vanligaste föremål antaga lätt de mest ovanliga former och ej sällan kan en oskyldig buske antaga skepnaden af en varg. I polartrakterna, hvarest skymningen är mycket lång, flere timmar, är det naturligt, att detta förhållande skall framträda än hjertare. Att taga en uppstående, knotig stubbe för en björn är ett vanligt misstag, i synnerhet om inbillningskraften för tillfället är liflig. Men äfven andra ännu mera slående misstag kunna göras.

Den finska polarexpeditionens medlemmar besökte en dag i nov. månad 1882 ett fjell för att iakttaga dess närmare beskaffenhet. Fjellet var glest bevuxet af låga, knotiga björkar, för tillfället öfverdragna med rimfrost, som i dessa trakter når en utveckling, hvaraf dess uppträdande i sydligare orter endast gifver en svag bild. Denna rimfrostbildning sker ej sällan på några timmar.

Vistelsen på fjellet varade ungefär en timme, hvarunder skymningen betydligt tilltagit. Vid nedstigandet visade de rimfromstklädda träden de mest förunderliga former. Det egendomliga var, att alla åskådare i samma träd sågo samma form äfvensom att man kunde närma sig på några stegs afstånd utan att illusionen försvann. Der funnos statyer (bl. andra sågs Venus de Milo), grafvårdar, komiskt förvridna anleten etc. En af åskådarna utropade: »att trollen just voro på resa mot norden och stannat på fjellet för att rasta».

Ännu egendomligare kunna dessa former utbilda sig i det svaga fosforescerande norrskenljus, hvarom vi ofta talat. På en resa från Sodankylä till Kultala till sammans med Granit och tre andra personer, voro vi i tillfälle att göra märkliga iakttagelser i detta hänseende. Resan, som skedde med renar, hade fortgått 24 timmar utan afbrott, och på aftonen den 24 december befunno vi oss på fjellen nära Ivalo elf.

Skogen var öfverallt starkt belagd med rimfrost, så att trädens konturer hade erhållit en egendomlig afrundning. Resans enformighet och tröttheten gjorde, att alla råkade i ett tillstånd mellan sömn och vaka, hvartill ej litet bidrog

att temperaturen var omkring -35° . De underbaraste synvillor visade sig för en hvar uti det halfdunkel, som frambragtes af det ofvannämnda fosforescerande ljuset. Den ena såg ett slott i venetiansk stil, så noga bildadt, att fönsterbågar och dörrarnes lås kunde urskiljas, den andra såg konturerna af Stockholms slott och var säker om, att han befunne sig på Mälarens is. Då och då underrättade vi hvar andra om det vi sett och utbytte våra tankar derom. Arbetarnes syner voro af en anspråklösare karakter, men dock städse af det mest storartade de sett i sitt lif. Den ene hade en komisk syn; han såg sin ren, som var försedd med ståtliga horn, plötsligt växa upp till ett träd och i allsköns maklighet lunka framför den lilla renslådan. Hans förvåning häröfver var ej ringa men skingrades snart, när renen återtog sin skepnad.

Hvilket rikt stoff till folksagor uti dessa synvillor! Utan tvifvel hafva vi att häri söka orsaken till det dåliga rykte hvari Lappland råkat för sitt trolleri.

Äfven andra synvillor förekomma, hvilka kunna leda till falska slutsatser. Så iakttogo vi på en kort resa i en skog tillsammans med Biese en norrskensbåge, som föreföll oss så nära belägen, att den vidrörde trädtopparne. Vi stannade slåden och gingo åt hvar sitt håll i tanke att få se bågen i motsatta riktningar, den ene från N. den andre från S. Lyckligtvis var skogen ej långt utsträckt i N., så att den ene snart kom ut på ett öppet fält och nu visade sig bågen naturligtvis i sin vanliga höjd.

Det är tydligt, att den okunniga befolkningen ej sällan ser företeelsen på detta sätt, och deraf kommer sig, att man ofta får höra, att »någon sett norrskenet så lågt ned, att han kunnat taga i det med händerna.» Emellertid inse vi, att de berätta det de verkligen sett eller rättare trott sig se.

De berätta äfven, att de kunnat höra ett fräsande ljud, och emedan detta ljud äfven blifvit hört af bildade observatörer, så måste dess tillvaro anses fullt verklig, i synnerhet vid starkt utbildade polarljus i låg temperatur.

ANDRA AFDELNINGEN.

VII. Polarljusets vetenskapliga förklaring.

1. Historik af äldre teorier.

Uti inledningen hafva vi redan omtalat den rol, som det öfvernaturliga spelat vid försöken att förklara polarljuset. Man såg deri yttringar af vredgade gudamakter, hvilka genom dessa »flammande svärd och sammandrabbande krigshäjar» ville gifva det syndiga folket en första varning. Hos oss väcka dylika försök en känsla af medlidande, men vi skulle göra mycket orätt om vi dömde dem alltför strängt. Fångne i tron på en i naturlagarne ständigt ingripande försyn, kunde den tidens menniskor lätt föras till slutsatser, hvilka förefalla oss löjliga. Hvilket ofantligt afstånd, räknadt både i år och i synnerhet i vetande och kunskaper, skiljer ej oss från 16:de århundradets naturfilosofer? Gryningen till den nya dag, i hvilken vi äro nog lyckliga att lefva, hade just börjat med namn sådana som Copernicus, Galilæi, Keppler, Baco, Cartesius, Stevinus m. fl.; men det nya ljuset kunde ej sprida sig så fort, det behöfde tid, mycket mera tid än i våra dagar. Låtom oss därför utan vidare öfvergå till de försök man gjort att efter vanliga naturlagar förklara polarljuset.

Reflexions-teorin.

Först möter oss ett förklaringsätt, som vi skulle lämpligast kunna benämna *reflexions-teorin*. Man äflades att i polarljuset se en återspeglning af solstrålarne. Emedan fenomenet för det mesta iaktogs då solen är under horisonten, så sade man, att dess strålar först undergingo en brytning

uti atmosfären och sedan råkade isbergens blanka sidor för att derifrån åter reflekteras upp i luftkretsen.

En vederläggning af denna teori är ej behöflig, ty ett besök i polartrakterna gifver genast upplysning om, att der visserligen finnas »aktningsvärda» isberg, men att deras sidor ingalunda kunna återspegla ett ljus annorlunda än i den form, som kan återses på hvarje skrofligt med snö betäckt isstycke.

Det skall säkert förvåna läsaren att höra, att denna kammarteori, de många polarexpeditionerna oaktadt, gått så att säga igen och det i ett så bekant arbete, som Petermanns Geographische Mittheilungen. Det förekommer i häftet XI för årgången 1872 och i ett häfte senare förekommer till och med ett bemötande på alvar, hvilket upphofsmanen till den första teorin med värdighet i sin tur bemöter. För dem af våra läsare, hvilka vilja förströ sig, rekommendera vi denna lilla vetenskapliga komedi till genomläsande. Ett ej ovärdigt anhang till denna teori är ett försök, som ock blifvit gjordt, att förklara norrskenet vara en reflex af ljus från ryggarne af de sillstim, som genomkorsa hafven i Norden.

Den kosmiska stoft-teorin. (28)

Man har äfven försökt att förklara företeelsen genom en ström mot jorden af så kallad kosmisk materie. Ehuru dessa försök äro mera allvarliga än föregående, så vittna de dock ej om ett omsorgsfullt arbete att genomtränga polarljusets väsendtliga egenskaper.

Läsaren har sig bekant den märkliga företeelse, som blifvit kallad *zodiakal-ljuset*, d. v. s. en svag, oftast till formen parabolisk ljusbåge, som, i synnerhet i ekvatorialtrakterna, uppträder, efter solnedgången. Denna har blifvit förklarad genom antagandet af en ring, bestående af fint fördelad kosmisk materie, kretsande omkring solen.

Att denna förklaring är riktig betvill vi ej, men anse deremot de försök, som blifvit gjorda att på ett liknande sätt förklara polarljuset, vara alldeles förgäfvade.

Ett sådant försök gjordes af Mairan för en ganska lång tid sedan och har helt nyligen upprepats. Se här huru man resonnerat: »Om solen verkligen omkretsas af en dylik ring, så är det ingen omöjlighet att detta stoft kan nå jorden! Det har ock blifvit ådagalagd, att ett sådant stoft verkligen faller till jorden.»

Det är Ad. Nordenskiöld, som under de svenska polar-expeditionerna satt denna sak utom allt tvifvel, i det han bevisat, att snön i polartrakterna innehåller ett jernstoff. Det var blott denna omständighet, nämligen, att stoftet bestod af jern, som behöfdes, för att kunna göra polarljuset till en verkan af det kosmiska materieregnet. — Fenomenet skulle nu tillgå sålunda, att detta jernstoff, kommande från den planetariska rymden i kretsen för jordens attraktion, skulle föras mot dess yta, men dervid råka under inflytande af tvenne krafter: 1:o den jordmagnetiska kraften, som skulle ordna stoftet i strålar med samma riktning som polarljusstrålarne, 2:o för luftens motstånd, som skulle göra stoftpartiklarne glödande genom friktionen.

Läsaren skall säkert finna denna förklaring, såsom äfven dess senare upplifvare och försvarare, Gronemann (29), tydligen funnit den, vid första påseendet ganska antaglig.

Det synes dock tydligt, att författaren till denna förklaring ej sett polarljuset i dess egentliga hem, i polartrakterna, och ej heller har han med omsorg studerat de observationer, som der blifvit gjorda.

Vår åsigt är, att han då ej skulle sökt upplifva denna teori, som, ehuru sannolik vid första anblicken, dock ej kan hålla stånd inför en allvarlig diskussion.

Ett viktigt stöd för teorin i fråga är, att man ansett den för polarljuset karakteristiska gulgröna spektrallinien sammanfalla med en af jernets linier. De ligga nemligen så nära hvar andra, att afvikelsen kan anses falla inom observationsfelens gränser. Samma spektrallinie trodde man sig för en tid sedan finna i zodiakal-ljuset, men detta är nu mera bevisadt vara ett misstag.

Skulle denna linie verkligen vara förorsakad af jernstoffet i atmosfären, — hvilket ingalunda är bevisadt, — så skulle den helt naturligt ej uppstå ensam, emedan jernet har ett spektrum af ända till öfver 100 linier. Men äfven om denna skulle tillhöra jernet, så följer ej deraf, att det blifvit försatt i glödande gasformigt tillstånd genom friktionen vid fallandet; detta tillstånd kan mycket väl framkallas af en elektrisk ström. Detta är dock föga troligt, och då nu härtill kommer, att samma linie ligger mycket nära intill en, som uppstår i förtunnad luft, genom hvilken en elektrisk ström ledes, så tveka vi ej att antaga öfverensstämmelsen med en af jernets många linier för tillfällig, och anse sagde linie sammanfalla med den, som uppstår i förtunnad luft.

Än mera skola vi rubbas uti den möjliga böjelse vi haft

att medgifva sagde förklaring, om vi något litet följa gången af ett polarljus.

Enligt stoftregn-teorin borde fenomenet börja upptill och fortsättas nedåt, ty jernpartiklarne böra ju glöda under det de falla. Men polarljuset visar sig just tvärt om; det börjar med en svag ljusning, som efter någon tid fortsättes i långa mångfärgade strålar, hvilka utkastas nedifrån uppåt, och detta visar tydligt nog omöjligheten af ofvanstående förklaring. Vi skola dock ännu hänvisa till en omständighet af synnerlig vikt, nemligen de ofvan beskrifne flammorna omkring Spetsbergens och Lapplands bergtoppar, och det svaga polarljus, som, ej synligt för blotta ögat, kunde iakttagas med spektroskopet, omkring observationsplatsen i Enare och som kunde ses flere gånger i Sodankylä och Kullala. Att förklara dessa företeelser med jernstoff-regnet är rent af omöjligt, ty stoftpartiklarne skulle då lysa just der de enligt teorin borde slockna.

Vi anse oss ej längre böra trötta läsaren med att uppräknas flere motbevis, utan gå vidare i vår framställning med den anmärkning, att vi ej, enligt vår uppfattning, förfara rätt, då vi utan egentlig anledning söka förklaringen af ett fenomen, helt och hållet tillhörande vår jord, uti orsaker, tagne från den stora verldsrymden. Detta bör ej ske förr än vi klarligen inse omöjligheten att komma till rätta med de krafter, som stå oss till buds på jorden; framför allt måste upphofsmannen till hvarje ny hypothes omsorgsfullt se till hvad som förut är gjort, ty eljes riskerar han att onödigtvis inleda vetenskapen på afvägar.

Att ett jernstoff kan förekomma i atmosfären till den utomordentligt ringa mängd, som erfarenheten lärt, utan att i någon mån inverka på polarljuset, skall blifva lätt att inse i det följande.

Ett försök att förklara polarljuset genom brännbara gaser, utslungade ur vulkaner i polartrakterna, har äfven blifvit gjort, men någon vederläggning af en dylik hypothes anse vi ej nödig.

Den magnetiska teorin.

Såsom vi redan ofvan omtalat herskade omkring 1834—1840 en mycket liflig rörelse bland vetenskapsmännen för utforskandet af jordmagnetismen. Observatorier inrättades på ett stort antal orter, på uppmaning af den magnetiska föreningen i Göttingen, med Gauss och Weber i spetsen.

Utom det ljus detta viktiga företag spred öfver de magnetiska variationerna, hvarom vi ofvan talat, så visade det ock, på ett klarare sätt än förut, sambandet mellan dessa variationer och polarljuset. Bland annat ådagalades äfven, att polarljusbågens högsta punkt låg i det närmaste i den magnetiska meridianen och koronan i magnetiska zenith. Det var under dessa omständigheter ej förvånande, om man sökte en förklaring af hela polarljusfenomenet uti jordmagnetismen.

En sådan åsigt hade ock redan 1716 blifvit uttalad af Halley och understödd af Moser m. fl. Man blef ännu mera böjd för denna mening, sedan det lyckats Faraday att genom magnetisk induktion framkalla elektriska gnistor. Likväl har man aldrig förmått framställa en antaglig förklaring, grundad ensamt på magnetismen. Man ser visserligen då och då försök göras att åstadkomma en dylik genom »magnetströmmar», »magnetiska emanationer», men hvad dessa hafva att betyda och huru de åstadkommas, har aldrig blifvit ådagalagd.

Vi skola imellertid något uppehålla oss vid polarljusets beroende af jordmagnetismen, emedan detta är af synnerlig vikt i det följande.

Norrskensbågens läge.

Då ett polarljus iakttages långt i söder, så inträffar oftast, — dock ej alltid, — att ljusbågens högsta punkt ligger i den magnetiska meridianen. Huru måste polarljuset vara beskaffadt för att vi skola se bågen sålunda? Det bör utgöras af en stor ljusring omkring den magnetiska polen, på en betydlig höjd öfver jorden; då skall det ofelbart inträffa, att vi se det i form af en båge, hvars högsta punkt är i den magnetiska meridianen. Denna förklaring gafs af den berömde norrmannen Hansteen.

Enligt vår ofvan gifna beskrifning, så inträffar detta dock endast med stora, vidt utbredda polarljus, som kunna iakttagas långt i söder. De flesta, som iakttagas i polartrakterna, följa deremot ej denna lag, utan de kunna bilda hela bågar och delar deraf omkring ett centrum beläget huru som helst, ty der är fenomenet, såsom vi sett, oftast inskränkt till en jemförelsevis trång lokal. Under den ofvan nämnda franska expeditionen på korvetten la Recherche utfördes i Bossekap och Jupvig i Norge ett stort antal mätningar af polarljus-

bågens ställning, hvilka gäfvor för dess högsta punkt ett medel-läge af 11° vester om den magnetiska meridianen. Ett lik-artadt resultat erhöles ock af Argellander i Åbo efter en längre serie af observationer. Häraf synes, att polarljusbågens högsta spets ej sammanfaller med den magnetiska meridianen.

Bravais, en af de utmärkte observatörerna på den ofvannämnda expeditionen, gifver hertill följande förklaring: »den magnetiska meridianen är ej lika belägen i den högt belägna rymd, der polarljuset försiggår, som på jordytan, ty i atmosfärens högre regioner kunna ej lokala omständigheter inverka på magnetnålens läge, hvarimot de göra sig gällande invid jordytan». Vi måste medgifva, att förklaringen är sinnrik, men kunna för resten ej dela denna åsigt om polarljusbågens läge och se här orsaken.

Granska vi Bravais' bestämningar, så finna vi lätt, att bågens läge är ytterst variabelt, ty af 226 mätningar af dess högsta punkt inträffa 36 % eller mer än $\frac{1}{3}$ ända till 30° och derutöfver vestligare än den magnetiska meridianen, 32 % mellan 10° och 20°, 7 % från 0° till 10° och 4 % från 0° till 26° i öster.

Det är ock väl känt, att koronans läge ingalunda alltid sammanfaller med magnetiska zenith.

Den slutsats vi häraf kunna draga, är, att man i hög grad öfverdrifvit den rol, som jordmagnetismen spelar vid polarljusfenomenet.

Hvilken stor betydelse denna dock har för den teori vi nu gå att framställa, blir klart i det följande, hvarest vi lätt skola finna, att jordmagnetismen indirekt förmedlar produktion af elektricitet i luften och endast utöfvar ett riktande inflytande på de elektriska strömmar, som alstra polarljuset, och att den således på intet sätt bör betraktas såsom dess direkta orsak.

2. Den elektriska teorin af Peltier och De la Rive. ⁽³⁰⁾

Det är svårt att säga, hos hvem den tanke först uppstod att förklara polarljuset såsom verkan af en elektrisk ström, men det vissa är, att en dylik åsigt redan uttalades af Canton (omkr. 1750), Muncke m. fl.

Sannolikt vaknade denna tanke af två orsaker. Först emedan man kunde iakttaga elektriska fenomen i luften utan att de behöfde uppenbara sig i den vanliga formen af åska och blix. Sedan därför, att man i luftförtunnadt rum med elektricitet kunde frambringa ljusfenomen, hvilka hade en ganska stor likhet med polarljuset. Vi mena här de fenomen, som äro kända under namn af ljusfenomen i det elektriska ägget.

Bland andra forskare uttalade sig ock Bravais bestämdt för den elektriska teorin, hvilket, på grund af hans stora erfarenhet om polarljuset i norden, var af ganska stor vikt. Hans slutsatser för öfrigt stå i samklang med den tidens åsigt, i synnerhet Hansteens, att polarljuset utgjordes af en ljusring omkring den magnetiska polen.

Förtjensten att hafva gifvit de sväfvande föreställningarne en vetenskaplig form tillkommer de bägge forskarna Peltier och De la Rive; i synnerhet har den senare genom fortsatta forskningar ådagalagt sannolikheten af den elektriska teorin på ett sätt, som knappast lemna rum för tvifvel. Också bör han nämnas först i raden af forskare, hvilka bidragit att gifva det gåtfulla problemet om polarljuset sin slutliga lösning.

De la Rives' teori.

Förklaringen lyder i korthet, som följer:

»Ur de observationer, som vi hafva oss bekanta, framgår såsom ett alldeles säkert sakförhållande, att jorden, som tillika är en god ledare af elektriciteten, är negativt elektrisk. Vi känna tills vidare ej med visshet källan till denna negativa elektricitet; den kan hafva sin orsak dels i jordens inre beskaffenhet, dels i de fenomen, som försiggå på dess yta. Den inre smälta massans beröring med den kallnade jordskorpan kan framkalla en del af denna elektricitet.

Öfver hela jordytan försiggår ett fenomen, nämligen afdunstningen af vatten, hvilket frambringar elektricitet. Om detta sker direkt genom sjelfva afdunstningsprocessen, eller indirekt, genom vattenångans friktion mot luftmolekylerna, är af den vetenskapliga forskningen ej ådagalagd. — Likväl erfordras ett vilkor, nämligen, att vattnet ej är rent, utan innehåller en kvantitet salter eller organiska ämnen.

Detta afdunstningsfenomen är den förnämsta källan till den positiva elektricitet, hvares tillvaro i atmosfären ådaga-

lägges genom de fenomen vi ofta iakttaga i form af åska och blix, dels genom den så kallade luftericiteten, som blifvit undersökt genom långa serier af observationer.

Andra källor till elektricitet kunna äfven finnas, såsom luftens friktion mot jordytan, växtprocessen m. m., men dessa bli dock alltid af underordnad vikt i jemförelse med af-dunstningsfenomenet. Till följd af värmets fördelning öfver jordytan är denna af-dunstning starkast inom heta zonen och därför är ock elektricitetsutvecklingen der störst, ehuru en dylik utveckling naturligtvis äfven försiggår öfverallt, der af-dunstning från salthaltigt vatten eger rum. Sjelfva jorden blifver härvid negativt elektrisk, emedan den ena elektriciteten ej kan uppstå utan den andra.

Den sålunda bildade elektriciteten föres nu från den negativt elektriska jorden med vattenångorna till luftkretsens öfre regioner och vidare med vindarne mot jordens bägge poler, omkring hvilka den, till följd af luftens ständiga fuktighet, urladdar sig i form af polarljus. Fuktigheten meddelar luften egenskapen att leda elektriciteten i högre grad och åstadkommer sålunda en långsam urladdning i stället för den häftiga, som försiggår uti blixten.»

Detta var De la Rives enkla och sinnrika förklaring af orsaken till polarljuset.

För att åskådliggöra sin förklaring bygde han en apparat, som gick ut på att visa, huru den elektriska urladdningen försiggår i luftförtunnadt rum omkring en magnetpol.

Hela apparaten bestod af en stor trädssfer, på hvilken man uti två midt imot hvar andra belägna punkter fastsatt tvenne cylindrar af jern, omgifna af gasklockor, i hvilka luften kunde efter behag förtunnas. Klockorna voro på yttre sidan tillslutna af metallplattor, som på inre sidan voro försedda med metallarmar, uppbärande en metallring, som i ett visst afstånd omgaf jerncylinderns ända. Så snart strömmen från en Ruhmkorffs apparat leddes till jerncylindern å ena sidan och gasklockans yttre platta å andra sidan, uppstod ett ljusfenomen mellan ringen och cylindern, som magnetiserades medels en elektromagnet. Genom denna apparat, som vi endast i korthet antydt, visade De la Rive, att ljuset antager en roterande rörelse omkring magnetpolen m. fl. viktiga egenskaper, som hafva likhet med polarljuset.

Hufvudpunkter af teorin; tre frågor.

Den nu framställda teorin hvilar hufvudsakligen på besvarandet af följande frågor:

- 1:o. Är polarljuset verkligen ett elektriskt fenomen?
- 2:o. Hvad är orsaken till jordens negativa och luftens positiva elektricitet?
- 3:o. Hvarför försiggår detta fenomen företrädesvis omkring jordens poler?

Vi skola efter hvar andra i detalj undersöka dessa frågor, hvarigenom vi komma till insigt om de punkter, i hvilka De la Rives teori är tillfyllestgörande och i hvilka det blir nödigt att modifiera och ändra den samma.

VIII. Om polarljusets elektriska ursprung och källan till den atmosfäriska elektriciteten.

1. Bevisen för polarljusets elektriska ursprung.

Elektriska strömmar frambringade af polarljuset.

De skäl, som tala för polarljusets elektriska ursprung, äro så mångfaldiga, att knappast något tvifvel derom kan råda.

Bland polarljusets verkningar hänvisa de magnetiska stormarne må hända tydligast på ett elektriskt ursprung. Om en elektrisk ström ledes nära en fritt rörlig magnet, så afledes den ur sitt läge, ty strömmen sträfvar att ställa magneten vinkelrätt mot sin egen riktning. Härvid intaga magnetens poler ett bestämdt läge enligt en känd lag, som enklast uttryckes på följande sätt: »Tänkes en person simmande i samma riktning som den positiva strömmen, med ansigtet vänt mot magnetnålen, så afviker dennas nordända åt *venster*».

Såsom vi ofvan hafva framställt, uppträda alltid förändringar i magnetnålens riktning vid tillfälle af polarljus. Ju lifligare och mera utbredt detta är, desto starkare är magnetens rörelser, desto häftigare är den magnetiska stormen.

Nu kunna visserligen sådana stormar uppträda utan att polarljus är synligt, men detta förklaras lätt; orsaken kan nämligen ligga uti att ett verkligt polarljus försiggår på ett så betydligt afstånd, att det ej kan synas. Sådana rörelser hos magnetnålen hafva sin enklaste förklaring uti elektriska strömmar, och emedan polarljuset är verkan af en elektrisk ström uppifrån nedåt, så skola vi inse, att orsakerna till de magnetiska stormarne äro att finna: antingen uti denna ström sjelf eller ock i de förändringar, hvilka jordströmmen undergår genom elektriska strömmen från atmosfärens högre lager.

Hvar den sökta orsaken än må ligga, så se vi, att polarljuset städse gifver upphof till rörelser hos elektriciteten.

Detta bevisas äfven ur verkningarne på telegrafrådarna. Uti dem uppkomma strömmar, som till och med öfverträffa den ström, som det vid telegraferingen använda batteriet frambringa. Utom dessa uppstå andra elektriska verkningar såsom gnistor och slag.

Vi känna inga andra krafter än elektricitet och magnetism, som kunna åstadkomma något dylikt. Huru de skulle uppkomma genom magnetism är omöjligt att förklara; således måste de uppkomma genom elektricitet.

Likhet mellan polarljuset och ljuset i förtunnad luft.

Polarljuset liknar på ett slående sätt det ljus, som framkallas genom en elektrisk ström uti förtunnad luft eller förtunnade gaser i allmänhet.

Huru uppkommer genom elektriciteten detta ljus? En af de viktigaste verkningarne hos en elektrisk ström är, att den alstrar värme i den bana, der den cirkulerar. Under vissa omständigheter kan denna värme blifva så hög, att en stark glödning uppstår, såsom t. ex. uti den galvaniska ljusbågen eller det elektriska ljuset. Ledes nu en elektrisk ström genom ett rum innehållande t. ex. förtunnad luft, så utvecklar strömmen värme och bringar gasen att glöda och utsända ljus.

Det är just detta, som inträffar vid polarljuset. Den elektriska strömmen genomgår luftkretsen från dess högsta regioner, hvarest den är mycket förtunnad, ned till jorden, och bringar under sin väg gaspartiklarne i glödning. Ju mera förtunnad luften är, desto mindre är antalet partiklar, som skola upphetas, och desto större blifver därför verkan.

Bevis från spektralanalysen.

Att polarljuset är ett dylikt glödgningsfenomen, framgår på det tydligaste ur spektralanalysen. Såsom vi ofvan framställt, gifves det ej mindre än 12 spektralband, hvilka måste hafva sin orsak uti en glödande gas. Polarljuset måste således vara verkan af ett glödgningsfenomen, men hvilken värmekälla kan väl verka detta uti regioner, der en så stark köld råder? Svaret kan ej blifva annat, än att det är elektricitet i rörelse.

Till denna slutsats bidrager ock en hel del andra egenskaper hos polarljuset, hvilka vi dock endast skola uppräknat. Dess variabla höjd öfver jordytan, dess företrädesvis lokala uppträdande i polartrakterna, att fenomenet kan hafva sitt ursprung ur molnbäddar, dess deltagande i jordens rotation, hvilket bevisar, att det helt och hållet tillhör atmosfären m. m. Slutligen må ock framhållas åskvädrens aftagande antal mot polartrakterna, hvilket bevisar, att den elektriska urladdningen förändrat form, d. v. s. från en häftig öfvergång till en långsam.

Ehuru bevisen för polarljusets elektriska ursprung äro talrika, så fattas dock det afgörande beviset, och det är med anledning häraf, som den elektriska teorin ej har blifvit allmänt antagen.

Att den kosmiska stoft-teorin å nyo kunnat uppträda, bevisar, att invändningar icke fattas.

Försök, utförda i finska Lappland, hafva frambragt det direkta beviset; vi skola afhandla detta i ett särskildt kapitel efter att hafva besvarat de återstående frågorna.

2. Den atmosfäriska elektriciteten.

Tillvaron af atmosfäriska elektricitet och om de lagar, den är underkastad.

Frågan om ursprunget till jordens negativa och luftens positiva elektricitet är ej lätt besvarad, ehuru vetenskapen länge arbetat derpå. Flerfaldiga serier af observationer

hafva blifvit anställda för att utröna elektriciteten i luften, men ändock kan det ej sägas vara med full visshet afgjort, om luften närmast jorden verkligen i sig sjelf är elektrisk, eller om de fenomen, som blifvit iakttagna härleda sig från *influence* från den negativt elektriska jorden. Ehuru vi således ej med fullkomlig visshet kunna tala om elektriciteten i luften närmast jorden, så kunna vi dock göra det med hög grad af sannolikhet.

De nyaste forskningarna i nordn, särskildt under den svenska polarexpeditionens öfvervintring 1872—73, äro mycket gynsamma för denna slutsats, äfvenså den danska polarexpeditionens från Godthaab och den finska från Sodankylä. (Se not. XIII).

Observationerna visa, att den atmosfäriska elektriciteten är mycket större under vintern än vid andra årstider.

Dessa forskningar hafva dock i allmänhet icke ådagalagt ett särskildt samband mellan norrskenet och luftens elektriska tillstånd.

Vi skola snart visa, att ett nära samband mellan polarljuset och luftens elektriska tillstånd alldeles icke är nödvändigt, emedan det förra, såsom varande verkan af en ström, icke beror af det absoluta elektriska tillståndet i luften, utan af variationerna uti detta tillstånd (elektriska potentialen) i vertikal led. Vi skola ock finna, att de observerade fenomenen tydligt ådagalägga tillvaron af en sådan ström, åtminstone i den kalla zonen.

3. Källan till den atmosfäriska elektriciteten.

Åsigtarna om orsaken till den elektricitet, hvilken förefinnes uti atmosfären, hafva varit mycket olika. Ibland det stora antal orsaker, de der blifvit betraktade såsom verkamma vid luft-elektricitetens frambringande, skola vi uppehålla oss vid *tvenne*, emedan vi anse dem såsom de viktigaste. Dessa äro *unipolära induktionen* och *af dunsträngs-fenomenet* på jordytan.

Den unipolära induktionen.

Inom fysiken har det länge varit bekant, att en magnet, som försättes i roterande rörelse omkring sin egen axel, frambringa en *elektromotorisk kraft*, som förorsakar en ström uti en ledningsbana, hvars ändpunkter äro i metallisk beröring med magneten.

Detta fenomen har fått namn af unipolär induktion, närmast därför, att ledningsbanans ändar måste befinna sig mellan magnetens midt och den ena af polerna, för att verkan skall blifva tillräckligt stark.

Den fysiska förklaringen af detta fenomen gafs först af Edlund på ett sätt, som ej lemna rum för något tvifvel.

Han visade, att den elektromotoriska kraften uppstår genom den roterande magnetens verkan på sin egen metalliska yta, i det att det positiva elektriska fluidet drifves i en riktning och det negativa i den motsatta. Roterar magneten, sedd ofvanifrån, medsols, så drifves t. ex. det positiva elektriska fluidet (etern) från magnetens midt mot nordpolen, om denna är uppåtvänd.

Denna kraft existerar dock ej allenast i magnetens yta, utan om vi tänka oss en del af rymden omkring magneten roterande med denna, så uppstår denna kraft uti hvarje punkt af rymden. Den är städse riktad på ett bestämdt sätt. (Se vidare not. XIV.) ⁽³¹⁾

Emedan jorden är en i rymden roterande magnet, med magn. sydpolen i norr och rotationsriktningen från vester mot öster (motsols), så alstras, så väl i jordytan som uti atmosfären, genom unipolär induktion en elektromotorisk kraft i en bestämd riktning. Under iakttagande af de väl utredda lagarne för detta fenomen framgå nedanstående följder:

1:o. Af den unipolära induktionen framgår en kraft, som drifver det elektriska fluidet eller etern från jorden mot atmosfären uti en riktning, vinkelrät mot den magnetiska inklinationen, och deraf följer, att *hvarje kropp, hvilka dess dimensioner än må vara, om den bortskiljes från jorden, måste vara positivt elektrisk.*

2:o. Emedan en komposant af den unipolära induktionen drifver etern eller det positiva fluidet mot atmosfärens högre regioner, så bidrager den till frambringande af den atmosfäriska eller luftpolektriciteten.

För att kunna uppskatta storleken af denna direkta produktion af elektricitet, så är det nödvändigt att taga i betraktande jordens negativa elektricitet, hvars tillvaro måste betraktas såsom ett fullt bevisadt faktum. Denna negativa elektricitet hos jorden är dessutom en följd af den unipolära induktionen, men äfven andra orsaker kunna härtill medverka.

Denna negativa elektricitet frambringar en attraherande kraft, i det närmaste riktad utefter jordradien. Denna kraft torde enligt all sannolikhet växa med latituden.

Vi hafva således två krafter, som må kallas F och F' , hvilka verka på den elektriska molekylen i motsatta riktningar. Om vi antaga F , som alstras af den unipolära induktionen, större än F' , så drifves molekylen uppåt.

Detta inträffar dock endast i närheten af eqvatorn, ty på andra orter af jorden gifva de bägge krafterna en resultant, hvars storlek och riktning bero af förhållandet mellan F och F' , äfvensom af inklinationen. Såsom vi hafva sett; är F städe vinkelrät mot sistnämnda riktning.

Denna resultant närmar sig, vid aflägsnandet från eqvatorn, först horisontalplanet, öfverskrider detta och närmar sig sedan vertikalplanet.

Om vi härtill taga i betraktande det stora motstånd, som luften, i synnerhet i de lägre lagren, erbjuder mot elektricitet, så synes tydligt framgå: att den direkta produktionen af elektricitet genom den unipolära induktionen icke kan betraktas såsom den hufvudsakliga källan till luftelektriciteten.

Vi skola imellertid senare se, att denna kraft utöfvar ett mycket vigtigt indirekt inflytande vid ifrågavarande produktion.

Afdunstningen.

Pouillet's berömda försök bevisade, att afdunstningen från kokande vatten, förorenadt af eller innehållande hafssalt i lösning, frambringar elektricitet, så att ångan blifver elektro-positiv.

Dessa försök hafva flerfaldiga gånger blifvit gentagne och diskuterade med mer eller mindre framgång, emedan deras utförande erbjuder icke ringa svårigheter.

Imellertid har sjelfva faktum blifvit väl bevisadt, ibland andra af Palmieri. ⁽³⁶⁾ Undvikande de orsaker till osäkerhet, som finnas hos hans föregångare, utförde P. försöket så, att

han fylde en liten platinaskål med vatten, satte den på ett kondensations-elektroskop och frambragte kokning, i det att han med en lins koncentrerade solstrålarne på vattenytan. Platinaskålen visade sig negativt elektrisk, hvaraf följer, att vattenångan var positiv.

Uti ett annat försök lät han vattnet koka på vanligt sätt, och då ångorna kondenserades på en platinaskål, så fann han den alltid laddad med positiv elektricitet.

Det tycktes som om dessa försök skulle vara afgörande, men det är bevisadt genom nya försök af Blake, Kallischer m. fl. ⁽³⁷⁾ att det är alldeles nödvändigt, att vattnet skall vara kokande och att enligt all sannolikhet elektriciteten frambringas genom vattenångans friktion imot luften. (Se not XV.)

Det finnes imellertid stor anledning till den uppfattning, att försöken ännu ej blifvit anställda i tillräckligt stor skala, för att bestämda slutsatser skola kunna dragas och frågan står derför öppen. Vi ansluta oss så mycket hellre till denna uppfattning som af den vidare framställningen skall framgå att, äfven om sjelfva afdunstningen ej skulle gifva upphof till elektricitet, detta dock måste blifva fallet till följd af den unipolära induktionen. (Se not. XVI.)

Afdunstningen och den unipolära induktionen.

Emedan vi hafva sett, att hvarje kropp, som afskiljes från jorden, måste blifva positivt elektrisk genom den unipolära induktionen, så följer, att vattenångan i luften är positivt elektrisk. *Afdunstningsfenomenet på jorden blifver sålunda genom den unipolära induktionens mellankomst en källa till den atmosfäriska elektriciteten.*

Denna viktiga slutsats synes oss afgöra frågan om den verkliga källan till luftelektriciteten, och vi kunna säga, att tillvaron af en verklig elektricitets-produktion genom afdunstningen är teoretiskt bevisad.

Det finnes tvänne krafter, hvilka drifva vattenångans molekyler uppåt:

först vattenångans mindre specifika vikt än luftens, hvar till kommer gasernas diffusion; och

sedan drifvas de af samma kraft, som försätter de elektriska molekylerne i rörelse, nämligen den unipolära induktionen.

Verkan af jordens negativa elektricitet.

Den elektriserade ångmolekylen måste således röra sig i en riktning, som bestämmes af resultanten till dessa bägge krafter, d. v. s. i en riktning mellan den vertikala och en linie, som är rätvinklig mot inklinationen.

Såsom nödvändig följd framgår nu, att jordytan måste blifva negativt elektrisk, såvida hon ej, hvilket är sannolikt, äfven af andra orsaker är det. Denna negativa elektricitet, städse verkande nedåt i vertikal led, hindrar rörelsen uppåt hos såväl de elektriserade vattenmolekylerna som hos de elektriska molekylna (etern).

När attraktionen, som förorsakas af jordens negativa elektricitet, uppnått en sådan storlek, att den håller i jemvigt de krafter, hvilka molekylna äro underkastade, så upphör rörelsen uppåt. Om attraktionen af en eller annan orsak ökas, så begynna molekylna att röra sig mot jordytan uti en riktning, som sammanfaller med inklinationen, emedan den unipolära induktionens verkan i denna riktning är lika med noll.

Slutsatser.

Vi hafva således funnit en lösning på *den andra frågan*. Den atmosfäriska elektriciteten, i lägre och högre regioner, har med hög grad af sannolikhet sitt hufvudsakliga ursprung uti afdunstningen, som i förening med den unipolära induktionen frambringar elektricitetsmängder, hvilkas storlek måste vara utomordentlig, emedan afdunstningen försiggår öfverallt på jordytan. Dessa elektriska massor föras uppåt af de ofvannämnda två krafterna, hvilka härledde sig från vattenångans mindre specifika vikt och den unipolära induktionen, motverkade af den tredje kraften, som förorsakas af jordens negativa elektricitet. Rörelsen måste ske i riktningen af resultanten till dessa tre krafter.

Denna slutsats synes stå i motsägelse till det kända faktum, att den atmosfäriska elektriciteten är större under vintern än under sommaren, då det motsatta förhållandet borde ega rum. Motsägelsen är dock endast skenbar, ty den elektricitet, som finnes i luften, beror ej allenast på mängden af utvecklade vattenånga, utan ock på ledningsförmågan hos luften, hvilken är mycket större då luften är

fuktig. Orsaken till förminskningen under sommaren kommer således deraf, att elektriciteten delvis ledes till jorden och delvis till atmosfärens öfre lager.

Hvilka ändringar, som af den framtida diskussionen eller nya försök än kunna åstadkommas i de resultat, till hvilka vi kommit, så kvarstå dock städse de tvänne följande grundsatserna:

1:o. Jorden är en negativt elektrisk kropp, och dessutom en god ledare.

2:o. Atmosfären är positivt elektrisk och dess potential växer med höjden.

IX. Polarljusens uppträdande omkring jordens poler.

1. De la Rives åsigt är icke tillfredställande.

Sedan vi sålunda erhållit svar på de bägge första frågorna, skola vi öfvergå till den tredje: hvarför polarljuset företrädesvis försiggår omkring jordens poler, eller, hvilket är det samma, orsaken till elektricitetens samlande omkring dem.

Härpå gifver oss De la Rives' teori intet tillfredsställande svar. Enligt denna skulle elektriciteten, som af vattenångorna föres upp uti atmosfären, med vindarne drifvas mot jordens poler. Då detta inträffar från alla håll, så måste, till följd af jordens sferiska form, de elektriska vattenångorna sammanträngas på en allt mindre rymd. Derigenom ökas kvantiteten af elektricitet på hvarje rymdenhet och åstadkommer sålunda den högre tensionen omkring polerna.

Betrakta vi dock förhållandena litet närmare, så finna vi lätt, att orsaken till i fråga varande samlande af elektriciteten ej gerna kan ligga häri. Först och främst träffa de vindar, som utgå från eqvatorn, jordytan redan i de tempererade zonerna, och derunder måste en betydande del af deras elektricitet hafva återgått till jorden genom nederbörden, i synnerhet regnet. Den ringa del af dessa luftströmmar, som uppnå polartrakterna, medföra visserligen elektricitet,

men då äfven vindar blåsa *ifrån* dessa trakter, så måste genom dem elektricitet i icke ringa mängd bortföras. Emedan lufttrycket öfver polerna ej är större än på andra ställen af jordytan, så kunna vi sluta till, att den bortflytande luftmassan är lika stor med den tillflytande.

I följd häraf måste vi söka svaret på den tredje frågan annorstädes, och vi skola se, att atmosfärens beskaffenhet är sådan, att svaret utfaller mycket tillfredsställande.

De af De la Rive utförda experimenten hafva ej heller ådagalagt, att den elektriska ström, som förorsakar polarljuset, verkligen når jorden. Hans försök hafva städse blifvit anställda sålunda, att den elektriska strömmen gått endast genom ett luftförtunnadt rum, mellan polerna till den af honom använda Ruhmkorffs apparat. Denna brist i bevisningen skall äfven, såsom vi framdeles blifva i tillfälle att öfvertyga oss om, fullkomligen häfvas genom direkta experiment med polarljusapparaten.

2. Jorden och atmosfären i elektriskt hänseende.

Förberedande satser ur elektricitetsläran. Om den elektriska influencen.

Om vi göra en isolerad kropp, t. ex. en sfer A, hvilande på ett glasstöd, positivt elektrisk, och ställa en annan sfer B, i närheten af den samma, (fig. 10), så framkallas i den senare en elektrisk fördelning genom *influence*. På ena sidan, som är vänd mot A, blir B negativt, på motsatta sidan positivt elektrisk, såsom tecknen — och + utvisa. Elektriciteten, som förut var jemt fördelad på ytan af A, antager under B:s inflytande en annan fördelning, som utvisas af den prickade linien på A.

Sättes nu B i ledande förbindelse med jorden, så försvinner den positiva elektriciteten på B, och den negativa ökas till i det allra närmaste samma mängd, som af positiv elektricitet finnes på A. Ökas åter mängden af positiv elektricitet på A, så ökas i samma mån den negativa på B, och detta fortfar ända till dess elektriciteterna uppnått en sådan mängd, att kraften, hvarmed de attrahera hvar andra, är mäktig att öfvervinna den omgivande luftens isolerande motstånd.

Hafva vi åter tvenne olika stora ihåliga sferer och sätta den mindre inom den större med ett isolerande lager imellan,

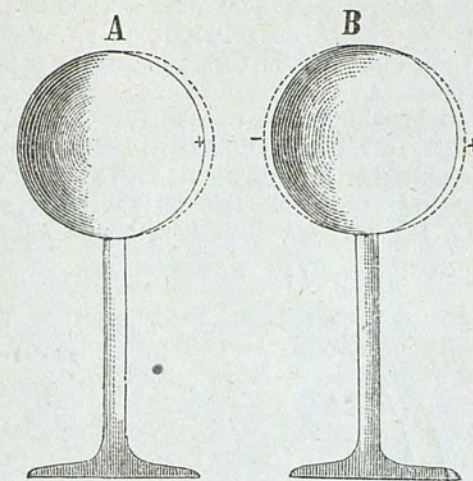


Fig. 10.

såsom fig. 11 utvisar, samt göra den inre sferen negativt elektrisk, så uppkommer åter en fördelning på den yttre,

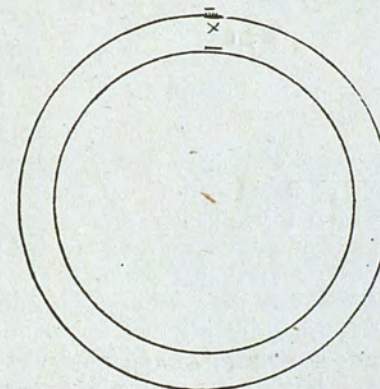


Fig. 11.

hvarigenom den inre sidan blir positivt elektrisk och den yttre negativt. Afledes nu den yttre sferens negativa elektri-

citet till jorden, så hafva vi endast att fästa oss vid de två motsatta elektriciteterna, nämligen den inre sferens negativa och den yttre sferens positiva. Äro de bägge sfererna öfver allt på samma afstånd från hvar andra, så blifver ock elektricitetens fördelning på dem lika, d. v. s. att en ytenhet, tagen hvar som helst på endera sferen, innehåller samma mängd elektricitet.

Skulle den ena sferen, t. ex. den inre, något förskjutas, så att de bägge ofvan till kommo närmare hvar andra, så skulle den elektriska fördelningen blifva en annan. Den mängd elektricitet, som nu belöper sig på ytenheten vid punkten *a* (fig. 12) på bägge sfererna, skulle i detta fall vara

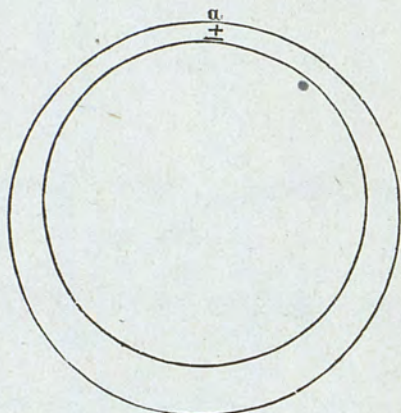


Fig. 12.

så mycket större, som afståndet mellan sfererna är mindre än i första fallet; dock endast under den förutsättning, att förskjutningen är liten i jämförelse med sferens radie. Den kraft, hvarmed de bägge elektriciteterna sträfva att återförenas eller, hvilket är det samma, att genombryta det isolerande lagret, är proportionel mot de sålunda förstörade elektricitetsmängderna, hvaraf framgår, att den förökats i indirekt förhållande af afståndet, multiplicerade med sig sjelfva. Vore sålunda afståndet i början 10 mm och förminskades sedan till 5 mm, så skulle kraften i förra fallt förhålla sig till kraften i senare fallet som 25 till 100, d. v. s. vara 4 gånger mindre. (Se not XVII.)

Ljusfenomen i luftförtunnadt rum, i geisslerska rör.

Vi hafva redan i förbigående omnämnt ljusfenomenen i det elektriska ägget. Vi skola nu närmare studera dem, men under något förändrad form.

Om vi på ett glasrör tillsmälta dess ena ända, så att den tillika är genomborrad af en platinatråd, och derefter utpumpa luften ur det samma intill dess att trycket är så litet, att det endast motsvarar en qvicksilfverpelare, hvars höjd är blott *en del* af en millimeter, och sedan med en glasblåsarelampa tillsluta den andra ändan, efter att äfven i den hafva insmält en platinatråd, så hafva vi hvad man kallar ett *geisslerskt rör*.

Insätta vi detta rör mellan polerna till en elektricitetsmaskin, t. ex. en Holtz elektromaskin, så passerar elektriciteten genom platinatrådarna in i röret och genom detta i form af en långsam ström, som framkallar ett vackert ljusfenomen. Detta uppstår sålunda, att de i röret återstående luftpartiklarna af strömmen försättas i glödande tillstånd. — Skulle luften i röret vara torr och hafva ett tryck mellan 50 och 760 millimeter, eller mera, så skulle ej en sådan ström, med kontinuerligt ljus, uppstå, utan elektriciteten skulle slå öfver i form af gnista eller ock gå öfver utan ljusfenomen. Skilnaden kommer deraf, att den förtunnade luften har en stor förmåga att leda elektriciteten, hvilken luften derimot vid ett tryck af 760 mm *nästan* alldeles saknar, i synnerhet om den är torr.

Försök med geisslerska rör.

Det är det nu beskrifna fenomenet, som till följd af ljusets färg och form gifvit anledning till en jämförelse med polarljuset, men såsom vi nu beskrifvit de förhållanden, hvarunder fenomenet uppstår, är likheten ej fullkomlig. Lyckligtvis kan den göras ännu större, om vi förfara på följande sätt:

Vi afleda genom en metalltråd den ena polen, t. ex. den positiva, af vår elektricitetsmaskin till jorden och sätta den negativa genom en väl isolerad (med guttapercha omgifven) koppartråd i förbindelse med t. ex. en messingskula, stående på en pelare af guttapercha. Om vi nu, under det maskinen är i gång, närma det geisslerska röret till denna kula, så uppstår redan på ett betydligt afstånd ett svagt, men

mycket tydligt ljusfenomen i röret. Styrkan af det samma kan i betydlig mån ökas, om vi ställa röret vertikalt och från platinatråden i dess öfre ända leda en metalltråd till jorden. Förse vi derjemte vår isolerade sfer med några fina spetsar, så kunna vi ännu iakttaga ljusfenomenet i röret på ett afstånd af ända till 2 meter och derutöfver, om vi använda en god elektricitetsmaskin.

* Detta ljusfenomen visar nu tydligt, att elektriciteten utgår från sferen och passerar det mellanliggande luftlagret utan att åstadkomma ljus, men så snart den råkar det luftförtunnade rummet uti röret, så frambringas genast ljusfenomenet. Den elektriska strömmen, som ej mäktade bringa luftpartiklarné i det mellanliggande luftlagret i glödning, visar sig ega kraft att åstadkomma detta fenomen i luftförtunnadt rum.

Ett omsorgsfullt studium af detta fenomen visar, att det *afstånd*, i hvilket strömmen ännu förmår frambringa ljus, beror af följande omständigheter:

1:o. *Lufttrycket uti röret*; ty ju mindre detta är, desto större blir afståndet, ända till en gräns, som står nära det fullkomliga tomrummet.

2:o. Af sjelfva *strömstyrkan*, eller den mängd elektricitet, som på hvarje tidsenhet utgår från sferen.

3:o. *Det mellanliggande luftlagrets beskaffenhet* med afseende på fuktighet m. m.

Härvid hafva vi att anmärka en egendomlighet af stor vikt för vårt ämne. Det har nemligen visat sig, att den förtunnade luftens ledningsförmåga uppnår ett maximum vid ett tryck af omkr. 5 millimeter.*

Nyligen utförda försök af Edlund synas ådagalägga, att detta maximum af ledningsförmåga i sjelfva verket ej skulle existera, utan att de iakttagna företeelserna härleda sig från en elektromotorisk kraft, som uppkommer på elektrodena. Denna kraft ökas med luftförtunnningen uti röret; således skulle ock den slutsats, som man dragit af dessa företeelser, angående tomrummet såsom en fullkomlig isolator, vara endast en illusion. Men äfven i det fall, att dessa nya fakta bekräfta sig, hvilket är ganska sannolikt, så hafva de icke i någon nämnvärd grad inflytande på våra ofvan framställda slutledningar, emedan luftens ledningsförmåga för elektriciteten städse ökas med förtunnningen och vid ett tryck af 5 millimeter redan är ganska stor.

* Andra forskare hafva erhållit detta maximum omkr. 2 à 3 millimeter.

Enligt det förut herskande föreställningssättet aftager ledningsförmågan när trycket minskas från 5 millimeter och upphör alldeles vid fullständigt tomrum.

Förökas åter trycket, så aftager ledningsförmågan och vid torr luft är den redan vid 40 millimeter omkring 160 à 170 gånger mindre än vid 5 millimeter, och vid 50 millimeter upphör elektriciteten att gå igenom i form af kontinuerligt lysande ström; den antager formen af gnista eller ock en ström *utan* ljusutveckling.

Det sannolika är, att ledningsförmågan i torr luft af vanligt tryck (760 millimeter) är åtminstone 10,000 gånger mindre än vid 5 millimeter. Häraf följer, att luften vid detta tryck af 5 millimeter kan betraktas som en god ledare, jemförd med luft af 760 millimeter och äfven mindre, ända ned till 100 millimeter à 50 millimeter. Men det synes ock klart, att luften äfven vid dessa högre tryck icke är någon fullkomlig isolator, utan tillåter elektriciteten passera, om ock med stor svårighet.

Angående ljusfenomenet, så skulle man i första ögonblicket förmoda, att det skulle uppstå i det största afståndet, då ledningsförmågan är störst, d. v. s. vid ett tryck af 5 millimeter uti röret, men detta är ej fallet. Om ock strömmen något försvagas genom förminskad ledningsförmåga, då luften än vidare förtunnas, så minskas ock den värmemängd, som är nödvändig att försätta partiklarné i glödande tillstånd, emedan deras antal blifvit förminskadt. Häraf följer, att ljusfenomenet kommer att uppstå på desto större afstånd, ju tunnare luften är i röret, intill en viss gräns.

Emedan elektriciteten utgår i det närmaste lika åt alla håll från sferen, så är det klarligen likgiltigt på hvilken sida vi sätta vårt rör, endast vi alltid låta det intaga samma riktning som sferens radie. Häraf framgår åter, att vi kunna sätta huru många rör som helst omkring sferen och erhålla ljusfenomen i dem alla samtidigt.

Polarljus-apparaten.

Det är på denna omständighet vi hafva grundat konstruktion af polarljus-apparaten, som vi nu gå att beskrifva.

Figuren 13 framställer denna apparat. *C* är en ihålig messingskula, ofvantill försedd med fina spetsar i radiens riktning. Denna kula är fäst på en rund stång *ab* af gutta-percha, hvilken åter är fastgjord uti ekbrädet *MN*, som jemte

M'N' utgör fotställning till hela apparaten. På denna fot är vidare fäst cylindern *de* på hvilken armen *f* kan flyttas upp och ned jemte den dervid fästa bågen *hh'*. På denna sistnämnda, hvilken likasom cylindern* och armen är af gutta-percha, äro 10 geisslerska rör *t'S*, *t''S''*, *t'''S'''* etc. fast-

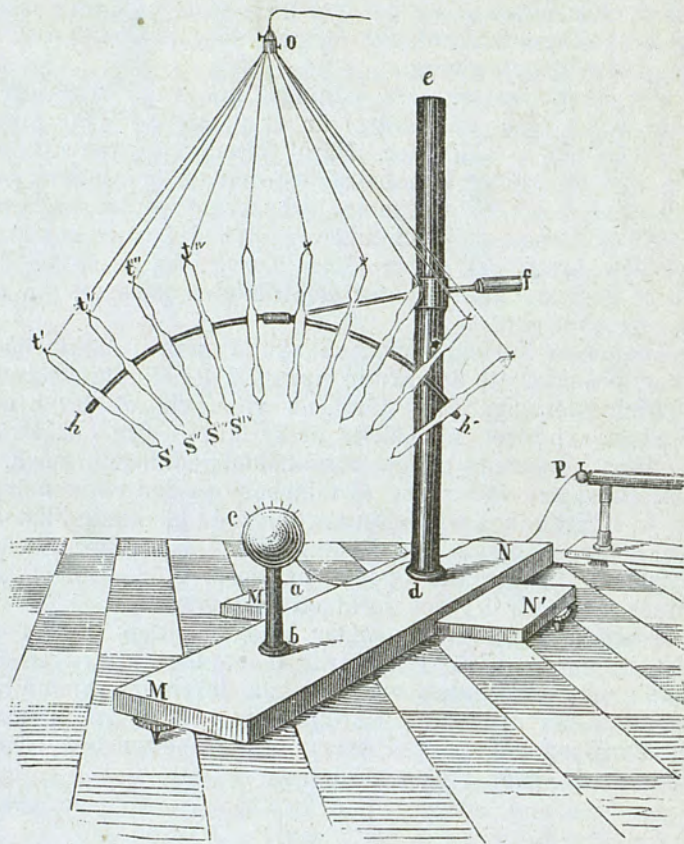


Fig. 13.

gjorda så, att de intaga samma riktning som sferens radie. Uti rören är luften förtunnad till omkring 0,5 millimeter. De öfre ändarna stå genom metalltrådar i förbindelse med knappen *O*, som kan afledas till jorden genom att sättas i

* Denna kan vara gjord af trä.

förening t. ex. med gasledningsrören; *p* är den negativa polen till en elektricitetsmaskin, och står genom den väl isolerade tråden *pa* i förbindelse med kulan *C*.

Om nu maskinen sättes i gång, så uppstår uti alla rören på en gång ett vackert ljusfenomen, som är mycket likt polarljuset. Vid gynsamma förhållanden kan detta fenomen uppstå uti ett afstånd af inemot 2 meter med en god elektricitets-maskin.*

Att polarljuset genom detta experiment förtydligas, kan genast inses, men vi skola se, att det ej blott stannar vid en yttre likhet, utan att den går längre än man först skulle förmoda.

3. Om jorden och atmosfärens högre lager, betraktade såsom ledare.

Jordklotet omgifves af en gasmassa, hvars beståndsdelar hufvudsakligen äro en blandning af kväfgas och syrgas. Derved ingå andra gaser till mycket ringa mängd, såsom ozon, vattenånga, kolsyra, ammoniak, salpetersyrlighet m. m.

Om jorden vore en fullkomlig sfer och stode stilla i rymden, samt öfverallt hade samma temperatur, så skulle denna blandning af gaser omgifva henne på ett fullkomligt symmetriskt sätt. Närmast intill jordytan skulle gaslagrets täthet vara störst, motsvarande vid 0° temperatur ett tryck, som skulle mätas af en qvicksilfverpelare med en höjd af 760 millimeter. Ju mera vi aflägsnade oss från jordytan, desto mera skulle luften förtunnas eller aftaga i täthet, intill dess vi på en höjd, hvars storlek ännu ej med säkerhet blifvit bestämd, men som torde öfverstiga flere hundra kilometer, skulle möta ett fullkomligt tomrum.

Detta luftens aftagande i täthet följer en bestämd lag, som enkelt kan uttryckas genom en matematisk formel, hvil-

* Denna apparat har varit två gånger exponerad: vid geografiska kongressen i Paris 1875, på bekostnad af den välkände mecenaten, nu mera friherre O. Dickson, då experimentet utfördes med en Holtz maskin, konstruerad af Ruhmkorff, och vid Loan exhibition i South-Kensington Museum London 1876, der experimentet visade sig lyckas bäst med en ny, af Carré i Paris konstruerad maskin.

ken först blifvit uppställd af Laplace, men senare på grund af erfarenheten något modifierad af andra forskare.*

Om vi enligt denna lag beräkna den höjd, uti hvilken lufttrycket skulle vara endast 5 millimeter, så få vi resultatet 40,13 kilometer. Tänka vi oss en yta gående genom alla de punkter, hvarest luften har detta tryck af 5 millimeter, så skulle denna bilda en ihålig sfer rundt omkring jorden, öfver allt på ett afstånd af 40,13 kilometer, förutsatt, att de förhållanden, som vi ofvan antagit, existera.

Då vi nu veta, att luften vid detta tryck är en relativt god ledare af elektriciteten och att nedan om denna sferiska yta befinner sig en isolator, d. v. s. att luften vid 5 millimeters tryck leder elektriciteten väl, men derimot vid högre tryck är en isolator, så kunna vi för ett ögonblick tänka oss det luftförtunnade rummet ersatt af denna yta.

Jorden, som själf är en god ledare för elektriciteten är sålunda på en höjd af 40,13 kilometer omgifven af en annan ledare; denna andra ledare vilja vi framdeles benämna *luftkonduktorn*.

Om vi nu tillförde jorden en viss mängd negativ elektricitet, och luftkonduktorn en motsvarande mängd positiv, så skulle dessa elektricitetsmängder fördela sig alldeles jemt såväl på jordytan, som på luftkonduktorn, och den kraft, hvarmed de sträfvade att genombryta det mellanliggande luftlagret, skulle öfverallt omkring jorden vara lika stor.

De bägge konduktorernas ställning.

De ideala förhållanden, hvilka vi förutsatt, äro dock ej för handen, utan flere orsaker bidraga att förändra de bägge konduktorernas beskaffenhet och inbördes ställning.

Jordens yta är som bekant ej jemn, men emedan de upphöjningar, som finnas, ej äro af någon betydighet i jemförelse med hennes dimensioner, så kunna vi att börja med utan vidare förbise dessa ojemnheter.

Luftkonduktorn är ej en yta utan en rymd, som sträcker sig mellan de orter, der barometern visar ett tryck af omkring

* I de enkla förhållanden vi ofvan förutsatt skulle denna lag uttryckas genom formeln $X = 18,393 \log \frac{H}{h}$ kilometer, hvarest X betyder afståndet från jordytan, H och h barometerhöjderna invid jordytan och på den öfre stationen.

40 millimeter, till dem, der trycket närmar sig 0; men emedan luften vid en viss grad af förtunning har en ganska stor ledningsförmåga, så kunna vi tänka oss den ledande rymden ersatt af en ledande yta. Om vi vidare tänka oss denna yta, såsom ofvan blifvit sagdt, gående genom alla punkter, hvarest luften har ett tryck af 5 millimeter, så kommer denna i elektriskt hänseende att utöfva i det allra närmaste samma verkan som den nämnda rymden. Vi skola derfor allt framgent tala derom som om den vore en ledande yta.

Hvilken ställning intager nu denna luftkonduktor i förhållande till jordytan?

De orsaker, som härvid inverka, äro ganska många: jordens rörelse, dess afplattning vid polerna, den mängd vattenånga, som ingår i luften, men framför alla andra orsaker står *värmets olika fördelning öfver jordytan och i atmosfären*.

De flesta af dessa orsaker äro tagne i betraktande vid den ofvannämde barometerformeln i dess fullständiga skick.*

För att dock kunna utföra beräkningen, så är det nödvändigt att göra klart för oss några förhållanden angående temperaturen på jordytan och i atmosfären.

Om vi betrakta en karta med års-isothermer, d. v. s. med linier dragna öfver jordytan genom alla de punkter, som hafva samma medeltemperatur, så finna vi lätt, att vi kunna antaga årliga medeltemperaturen vid eqvatorn åtminstone + 25° Celsius och omkring jordens poler åtminstone — 12°. Dessa begge tal skulle kunna antagas + 27° och — 20°, men vi vilja ej gå ned ända till den yttersta gränsen.

Vid ballongfärder har man iakttagit, att temperaturen i luften mycket hastigt aftager. Redan 1804 fann Gay-Lussac vid en ballongfärd uti en höjd af 6,300 meter en temperatur af — 9,6°, då temperaturen vid jordytan var + 31° C. Barral och Bixio funno i samma höjd, år 1850, — 40°. Vid en ballongfärd, företagen af Glaisher och Coxwell den 5 sept. 1862, stego de ända till 11,000 meter och funno der en temperatur af — 24°, då lufttemperaturen vid jordytan var + 15°. Temperaturen är således uti ett ständigt aftagande med höjden.

Frågar man sig, hvilken temperatur herskar utom jordatmosferens gränser, så befinnes vetenskapen härpå gifva

* Formeln lyder fullständigt: $X = 18,393 (1 + 0,002837 \text{Coo } 2\varphi) (1 + 0,004 \frac{T+t}{2}) \log \frac{H}{h}$ hvarest X, H och h betyda det samma som förut, φ latituden, T och t temperaturerna invid jordytan och på den öfre stationen.

mycket olika svar. Enligt beräkningar, anstälde af Pouillet, på grund af direkta experiment, skulle temperaturen uti verdensrymden hafva ett medelvärde af -142° (⁶). Gylden erhåller temperaturen -172° genom beräkningar, grundade på observationer vid ballongfärder.

För att ej på något sätt göra våra antaganden öfverdrifna, skola vi i enlighet med Seigeys, på observationer i schweiziska alperna grundade beräkningar, antaga, att på luftkonduktorn herskar en temperatur af endast -60° , äfvensom att temperaturen aftager i samma mån som höjden tillväxer.

Använda vi dessa värden, och antaga tillika, att luften är öfverallt till hälften mättad med fuktighet, så erhålla vi luftkonduktorns höjd:

vid eqvatorn	37,428	kilometer	
vid polerna	34,252	»	således
en differens af	3,175	»	

Elektricitetens fördelning på de begge konduktorerna.

Vi finna här af, att jordytan och luftkonduktorn intaga till hvar andra en sådan ställning, som fig. 4 utvisar. N. E. S. O. framställer jorden och N' E' S' O' luftkonduktorn. Den senare står jordytan betydligt närmare vid polerna än vid eqvatorn. Tänka vi oss nu en kvantitet negativ elektricitet på jorden och en motsvarande kvantitet positiv på luftkonduktorn, så komma dessa kvantiteter att fördelas sålunda, att den mängd elektricitet, som belöper sig på en ytenhet blir 9 procent större vid polerna än vid eqvatorn, och den kraft, hvarmed de begge elektriciteterna sträfvä att genombryta det mellanliggande luftlagret, blir omkring 20 % större vid polerna än vid eqvatorn. Detta resultat framgår af den utläggning, som blifvit framställd sid. 94—96 och förtydligad genom fig. 14.

Vid undersökningen om den hufvudsakliga källan till luftelektriciteten, funno vi, att den unipolära induktionen frambringa en kraft, som drifver den positiva elektriciteten uppåt i atmosfären, hufvudsakligen förmedels vattenångorna. Vi funno likaledes, att denna kraft har en komposant, hvars riktning är tangent till meridianen. Denna komposant bidrager i sin mon att föra den positiva elektriciteten mot polartrakterna. Ehuru kraften är verksam uti hela atmosfären, så

blir den dock kännbarast på luftkonduktorn, emedan luftens motstånd der är betydligt förminskadt.

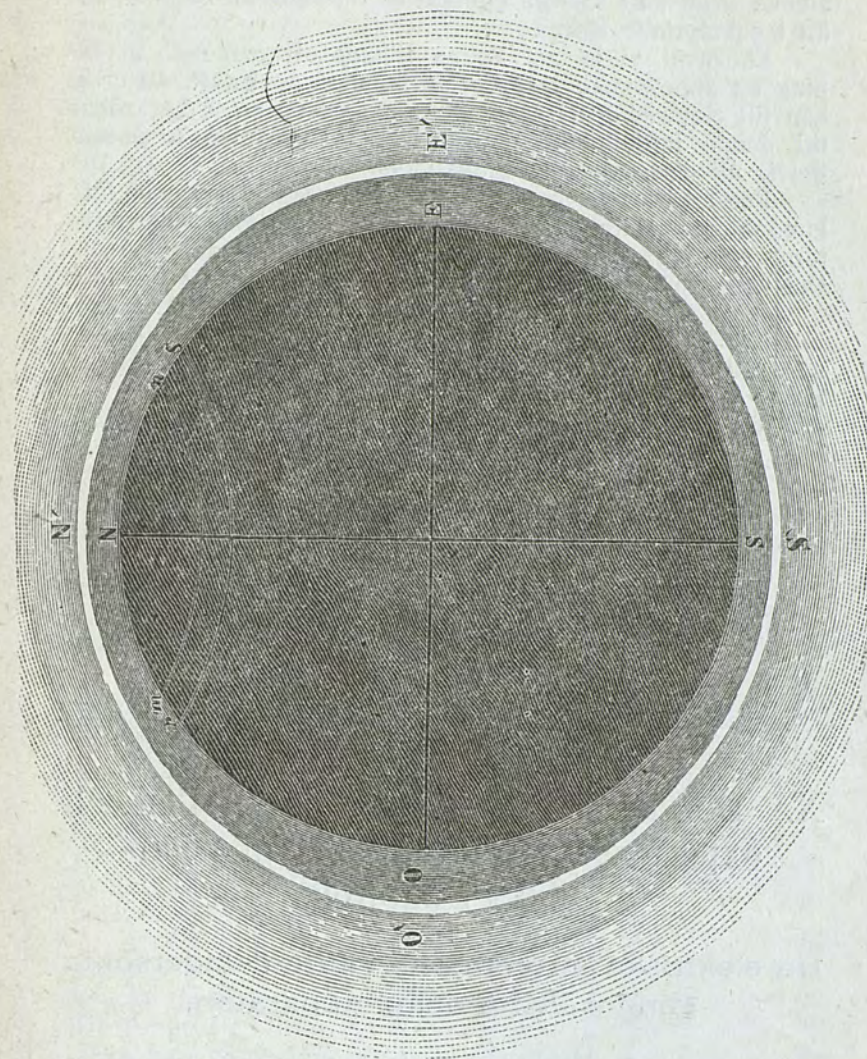


Fig. 14.

Taga vi denna kraft med i beräkningen, så böra vi såsom minimi-värden betrakta de tal, hvilka vi ofvan erhållit

och som framställa tillväxten i kraft mellan jordens negativa och luftkonduktorns positiva elektricitet i polartrakterna. Denna kraft kan således uppskattas vara mer än 20 % större, än i eqvatorialtrakterna.

Ehuruväl vi endast kunna tilldela ofvanstående beräkning ett approximativt värde, så finna vi dock lätt, att orsaken till elektricitetens samlande vid jordens poler bör sökas uti denna luftkonduktorns ställning till jordytan, äfvensom delvis uti den unipolära induktionen.

För att visa huru mycket temperaturen inverkar på luftkonduktorns ställning och på kraften, hvarmed elektriciteterna attrahera hvar andra, meddelas här följande tablå:

Om temperat. på luftkonduktorn antages	—60°	—100°	—140°
» » jordytan vid eqvatorn	+25°	+30°	+35°
» » » vid polerna	—12°	—30°	—40°
så erhålles kraften vid polerna	19,4%	36%	53%

större än vid eqvatorn.

Vid beräkningen af elektricitetens fördelning hafva vi ej tagit i betraktande, att jorden och luftkonduktorn afvika från den sferiska formen; detta, som skulle bidraga att förminska vårt resultat, motväges dock mer än fullständigt deraf, att luftens fuktighetshalt är så mycket större vid eqvatorn än vid polerna.

För dem, som önska en strängare vetenskaplig utläggning af ofvanstående kalkyler hänvisa vi till Archives des Sciences phys. et natur. de Genève, sept.—oktob. 1875 och jan. 1876.

X. De elektriska strömmarne i luften och experimentel framställning af polarljuset i naturen.

De elektriska strömmarne i luften, undersökta genom utströmningsapparaten.

Om den atmosfäriska elektricitetens uppmätande.

Kännedomen om den elektriska laddningen, eller den mängd elektricitet, som finnes uti en punkt af atmosfären

gifver oss ännu icke en fullständig inblick uti de elektriska företeelser, som deri försiggå, men kännedomen om denna laddnings variationer i olika riktningar kan gifva oss ett begrepp om *elektricitetens rörelser* eller *elektriska strömmar*, som deri försiggå.

Då vi af erfarenheten känna, att största och viktigaste delen af de verkningar, som af elektriciteten åstadkommas, framkomma ur de elektriska strömmarne, så inse vi lätt, att studiet af den atmosfäriska elektriciteten i synnerhet bör gå ut på att framvisa dessa strömmar och de lagar, hvilka de äro underkastade.

Orsaken, hvarför denna fråga hittills icke blifvit behandlad på detta sätt, torde ligga deri, att man betraktat luften såsom en isolator, uti hvilken endast *ögonblickliga elektriska urladdningar* kunde frambringas, men icke elektriska strömmar.

Uti polarljuset hade man ett »lysande» bevis på dessa strömmars tillvaro, men man har såsom vi sett ej sällan sökt dess orsak annorstädes.

Försöken 1871 och 1882.

Efter att under 1868 års svenska polar-expedition på Spetsbergen hafva förvärfvat erfarenhet om några derstädes förekommande egendomligheter i elektriskt hänseende, utförde vi, under expeditionen till Lappland 1871, i närheten af Enare prestgård, några försök för att se, om det vore möjligt att, med de små medel, som då stodo oss till buds, undersöka den elektriska ström, hvars tillvaro vi hade skäl förmoda.

Med en helt liten utströmningsapparat* lyckades vi ådaga lägga närvaron af en ström och frambringa ett ljusfenomen i form af en stråle, men med anledning af yttre svårigheter, hvilka vi ej då kunde öfvervinna, voro resultaten behäftade med en viss osäkerhet.

Under polarforskningsåret 1882—83, hade den finska expeditionen tillfälle att utföra dessa undersökningar uti vidsträckt skala, och nu erhöles mera tillfredsställande resultat. Tillvaron af en elektrisk ström uppifrån mot jorden bevisades. Nära byn Sodankylä frambragtes med en stor utströmningsapparat, uppställd på högsta toppen af Oratunturi fjell (296 meter högt), ett diffust, gulaktigt ljus, som i spektroskopet

* Beskrifves senare.

gaf polarljusets karakteristiska linie. Senare framställdes på samma sätt en verklig norrskensstråle på Pietarintunturi nära Kaltara (se pl. V). I begge fallen blef den elektriska strömmen uppmätt.

Försöken 1883—84.

Resultaten af dessa försök voro af stort intresse, men de erhöilo likväl en provisorisk karakter, emedan man vid utförandet mötte svårigheter af alla slag. Uti alla dessa försök hade utströmningsapparaten genom en ledningstråd varit i förening med en zinkplatta i jorden uti en källådra.

Emedan en elektromotorisk kraft frambringas vid beröringen mellan zinkplattan och vattnet, kunde man tro, att den ström, som tillkännagafs af galvanometern, hade sin enda orsak i denna kraft.

Expeditionen 1883—84 var försedd med experimentella medel för att bemöta denna och andra invändningar, äfvensom att så vidt möjligt undersöka de lagar, som denna ström är underkastad.

I medlet af september uppställdes en provisorisk utströmningsapparat på berget Kommattivaara, beläget 6 kilom. från stationen Sodankylä med en höjd af 129,7 meter. En ledningstråd på Mascartska isolatorer (svafvelsyre) förenade apparaten med galvanometern på stationen, och från denna ledde en annan tråd till en amalgamerad zinkplatta i den närbelägna elfven. Efter några förberedande försök med denna apparat, hvilka visade, att strömmen från atmosfären, oakadt bergets ringa höjd, kunde med framgång studeras, uppfördes en ny utströmningsapparat på ett fast underlag af träd. Denna blef färdig den 19 september.

Utströmningsapparaten.

Utströmnings-apparaten bestod af järntråd, 2 millimeter i diameter, försedd med fastlödda messingspetsar på 0,5 meters afstånd. Tråden var upplagd i kvadratiske slingor inom hvar andra, så att hvarje hvarf befann sig på 1,5 meters afstånd från det följande och uppbars, med spetsarne riktade uppåt, af stolpar (2,5 meter höga) med Mascartska isolatorer. Tråden med spetsarne upptog en yta af 364 qv.-meter.

Med denna apparat utfördes först försök med plattor af olika metaller i elfven, och dervid befans en amalgamerad zinkplatta var den bästa jordledning, emedan den gaf den svagaste elektromotoriska kraft.

Mätningssmetoder.

Galvanometern utvisade en ström från jorden till atmosfären, d. v. s. från zinkplattan mot utströmningsapparaten.

Vi skola framdeles kalla denna strömriktning *negativ* och den motsatta riktningen från atmosfären till jorden, *positiv*.

Galvanometerns utslag voro mycket varierande, och variationerna karakteriserades genom häftiga rörelser, än i ena, än i andra riktningen.

Med denna apparat utfördes observationerna i Sodankylä under hösten och vintern på följande sätt:

1:o. Observerades strömmens direkta utslag.

2:o. Ett Leclanchés element infördes i ledningen, först med positiv pol riktad mot jorden och derefter mot fjellet.

Genom detta förfarande erhöil man vid hvarje observation strömmens elektromotoriska kraft, som bestod af 2 delar: den ena frambragt af zinkplattans beröring med vattnet, den andra af den atmosfäriske elektricitetens verkan på utströmnings-apparaten.

Den förra delen är i det närmaste konstant eller varierar åtminstone mycket långsamt, så att de på galvanometern observerade variationer hafva sin orsak uti förändringarne hos den elektromotoriska kraften från atmosfären äfvensom i ledningsmotståndet.

Observationerna gifva nu ett relativt värde på detta motstånd, hvarigenom mätningssmetoden gifver en bestämning af variationerna i den elektromotoriska kraft, som härrör af luften elektriciteten.

Observationerna i Sodankylä visade såsom redan är nämndt en negativ ström, hvilken dock redan i oktober och november någon gång öfvergick till positiv, i synnerhet då norrsken syntes.

Apparater och försök i Kultala.

De mera omfattande undersökningarna angående utströmnings-apparatens lämplighet för undersökning af strömmen från atmosfären blefvo utförda på Kultala station, som i alla hänseenden var mera lämplig för ändamålet.

Med anledning af den ovanligt blida vintern kunde expeditionen ej uppnå sin bestämmelse förr än den 22 december 1883, efter att förut hafva vidtagit några anordningar för vistelsen och arbetena derstädes.

De dagliga observationerna af den elektriska strömmen från atmosfären utfördes på denna station på samma sätt som i Sodankylä, d. v. s. att en ledningstråd på Mascartska isolatorer ledde strömmen från utströmningsapparaten till galvanometern och derifrån till en amalgamerad zinkplatta, nedsänkt i Ivalo elf.

I närheten af stationen uppfördes på Pietarintemhuri under jan. och febr. 1884 ytterligare tre utströmningsapparater, och en andra ledningstråd till stationen utlades.

Fig. 15 utvisar apparaternas inbördes läge; deras höjd var följande:

I 324 meter, II 334 meter, III 246 meter, IV 253 meter. Afståndet mellan stationen och I var 3,626 km och mellan I och II 0,339 km; vid O var ett litet observationshus och vid O' en kommutator, hvarigenom de skilda utströmningsapparaternas ledningstrådar kunde förbindas med de bågge ledningstrådarne till stationen.

Resultat.

Med denna apparat utfördes hufvudsakligen under mars månad 1884 ett antal försök, hvars viktigaste resultat kunna sammanfattas på följande sätt:

1:o. Om två utströmningsapparater, nära lika och belägna i samma höjd, förbindas med galvanometern, så erhålles ingen ström, d. v. s. utslaget är noll.

2:o. När apparat II förbands med apparat I genom galvanometern, erhöles alltid en positiv ström, hvars elektromotoriska kraft ganska mycket varierade.

Nedanstående tal gifva härpå ett exempel; de erhöles ur 4 dagar i mars och uttrycka strömmens styrka i volt.

Mars	18	19	20	21
Volt	0,1171	0,1161	0,1891	0,0530
	0,1714	0,1400	0,3262	0,0530
			0,2632	
			0,2632	

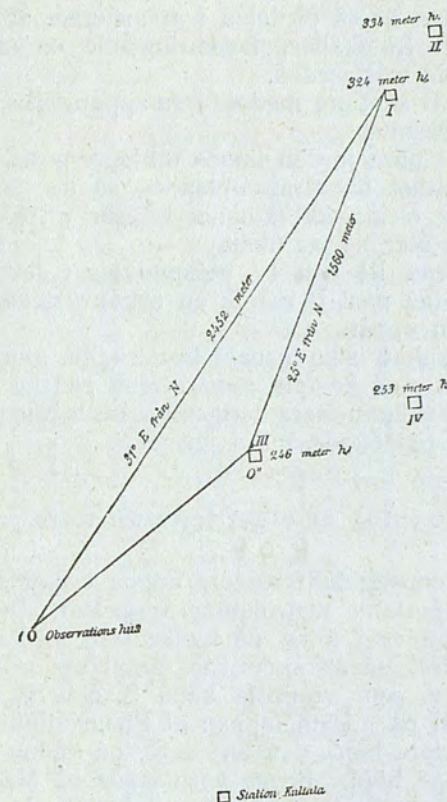


Fig. 15.

Talen erhöles genom att införa i ledningen ett Leclanchés element, hvars elektromotoriska kraft blef bestämd genom jämförelse med ett Normal-Daniels element.

Emedan höjdskilnaden mellan apparaterna utgjorde 10 meter, så ser man, att den elektromotoriska kraften dessa da-

gar varierade mellan gränserna 0,0326 och 0,0053 volt för hvarje meter.

Ur resultaten framgår, att den absoluta storleken och variationerna i strömmens från atmosfären elektromotoriska kraft kunna ändamålsenligt studeras med 2:ne utströmningsapparater i olika höjd. Emedan 2:ne lika apparater i samma höjd icke gifva någon ström, så synes tydligt, att den elektromotoriska kraften endast beror af höjdskilnaden, d. v. s. att elektriciteten är så fördelad i atmosfären, att en elektromotorisk kraft framkallas, frambringande en ström i den samma, gående mot jorden.

Ett fortsatt studium med de fyra apparaterna gaf följande egendomliga resultat:

3:o. Helt nära jorden finnes ett lager positiv elektricitet med större täthet än strax ofvanom, så att, utgående från jordytan, den elektriska tätheten aftager till ett minimum, hvarifrån den åter börjar ökas.

Apparaterna III och IV befunno sig i detta lager, och gåfvo, förbundna med II och I, en negativ ström d. v. s. en ström nedifrån uppåt.

Detta resultat, som genast framträdde, gjorde det föreslagna arbetet med de fyra apparaterna ganska svårt. Svårigheten ökades ännu mera derigenom, att ledningsmotståndet hos luften hastigt ökades nära jordytan.

Undersökning af elektriciteten nära jorden.

För att omsorgsfullt studera denna egendomlighet gjordes två transportabla utströmningsapparater. De bestodo af 2:ne tunna bräder i kors, på hvilka tråd med spetsar upp-lindades i spiral, så att spetsarnes antal utgjorde 30. Dessa små apparater, som vi skola kalla S, och S,, blefvo uppställda nära II på högsta toppen af Pietarintunturi, den ena S, på två meters höjd, den andra S,, på ändan af en mast, som var 9 m. i höjd. Begge voro lagda på Mascartska isolatorer och förenade med stationen med skilda ledningstrådar. Med dessa apparater erhöles en ström från S, till S,, d. v. s. negativ (nedifrån uppåt).

Med särskild omsorg eftersågs, att intet tillfälligt fel förefans uti ledningen eller i apparaternas uppställning. Galvanometerens utslag var litet, men fullkomligt mätbart. De definitiva försöken med dessa apparater blefvo utförda den 26 mars 1884 kl. 11 e. m. och varade omkring tre timmar.

Emedan försöken hafva en särskild betydelse, så skola vi närmare beskrifva deras utförande.

Man valde natten härtill, emedan vinden på fjellet då var mindre stark än vanligt. Efter det observatörerne, Granit och Roos, genom telefonen hade tillkännagifvit att försöken kunde begynna, mättes strömmen i galvanometern.

S, var då på 2 meters och S,, på 9 meters höjd öfver jorden:

Utslaget var negativt.

S,, nedtogs och lades i samma höjd som S,:

Utslaget var noll.

S,, uppsattes åter till sin förra höjd

Utslaget var negativt som förut.

S, fästes nu vid 2:ne stänger med M:s isolatorer och upplyftes af 2 personer till en höjd af 4 meter.

Utslaget var nu positivt.

Detta försök bevisar således, att den elektriska tätheten i luftlagret aftog ända derhän, att strömmen bytte om tecken, och att täthetsminimum bör finnas mellan 2 à 3 meters höjd.

Det skulle hafva varit af stort intresse att fortsätta dessa försök och göra dem mera omfattande, men detta kunde ej utföras, emedan vistelsen på fjelltoppen var outhärdlig. Den 25 mars besökte vi denna topp för att se till, att alla apparater voro i godt stånd och att intet fel vid deras uppställande var begånget. Ehuru temperaturen ej var lägre än -12° , så kunde vi ej arbeta annorlunda än vända från vinden, ty i motsatt fall blef ansigtet på några minuter okänsligt och man kunde med möda andas.

På fjellet herskade nästan alltid blåst, men den var mindre stark om natten än om dagen. Under det i fråga varande försök utfördes voro vi, upptagne med observationer af galvanometern uti observatoriet, hela tiden i liflig oro för personerna på fjellet, men lyckligtvis aflopp allt väl.

4:o. Utgående från ett luftlager, som befinner sig på några meters afstånd från jorden, växer den elektromotoriska kraften med höjd-skilnaden mellan apparaterna.

Lagen för denna tillväxt kunde ej med säkerhet bestämmas, men det är sannolikt, att elektromotoriska kraften växer starkare än proportionellt med höjdskilnaden.

De anförda resultaten hänföra sig till klara dagar. Fuk-tighet ändrar ledningsmotståndet och synes ock verka på elektromotoriska kraften.

På en af apparaterna S, blefvo ett antal spetsar försedda

med veckor, dränkta i petroleum; när dessa antändes, mättes strömmen och det visade sig, att motståndet minskades, men att elektromotoriska kraften förblef oförändrad.

Studium af ljusfenomenen, som frambringas af utströmnings-apparaten.

Den meteorologiska karakteren af vintern 1883—84.

Vi veta redan, att vintern 1883—84 utgjorde ett undantag från vanliga regler i meteorologiskt hänseende; den var mycket ogynsam för försök öfver ljusfenomenen. För att kunna se dem fordras en temligen klar himmel och frånvaron af månsken. Det var endast få aftnar, under hvilka fenomenet kunde studeras.

Det ringa antalet norrsknen ($\frac{1}{10}$ af det för latituden vanliga) och deras ringa intensitet visa äfven, att de elektriska krafterna verkade under abnorma förhållanden. Orsaken får utan tvifvel sökas uti det nästan ständiga snöfallet och den höga temperaturen. Detta sakernas tillstånd var något öfverraskande, emedan vi voro nästan midt uti en maximi-period för norrskenen.

Men om ock de nya fakta, som expeditionen kunnat lägga till vår kunskap, äro till antalet få, så äro de dock betydelsefulla.

Ljus i form af diffusa flammor.

Af erfarenhet var bekant, att utströmnings-apparaterna frambringade ljus *i form af diffusa flammor* eller *i form af strålar* höjande sig öfver apparaterna.

Det diffusa ljuset, städse gifvande polarljusets spektrallinie, visar sig temligen lätt. Man kunde redan tydligt se det öfver apparaten på Kommattiwaara i Sodankylä, någon gång med blotta ögat, oftast med spektroskopet.

Om hösten 1882 upptäckte, som ofvan blifvit nämndt, Biese, att man kunde erhålla norrskensets spektrallinie i SSE från stationen inom några grader af horisonten i riktning af berget Luostatunturi, under det att icke ringaste spår deraf annorstädes kunde ses. Under hösten 1883 iaktogs samma spektrallinie i riktningen af Kommattiwaara, under det att

den ej annorstädes, äfven i SSE-riktningen, kunde ses. Fenomenet visade sig särdeles tydligt i synnerhet vid följande tillfällen:

Aftonen den 1 nov., efter det en häftig vestanvind hade förjagat molnen, uppträdde ett polarljus, som började med en båge i NNW. Denna båge träffade horisonten omkring 20° åt norr ifrån Kommattiwaara. Under det att norrskenslinien kunde erhållas längs hela bågen, försvann den när spektroskopets springa riktades mot denna rymd af 20° mellan bågans fot och berget, men visade sig *mycket tydlig*, när instrumentet riktades mot utströmnings-apparaten på berget; på södra sidan om berget försvann den å nyo fullständigt. I allmänhet skedde studiet af ljusfenomenet på ett afstånd af 5 kilometer, utom två gånger på närmare håll.

Den 12 november erhöles, oaktadt månsken, disig luft och lindrigt snöfall, spektral-reaktionen på ett afstånd af 1 kilometer. Fenomenet var denna afton särdeles intensivt, visande sig som en rörlig ljusknut längs hela apparaten, under det en *strimmig*, diffus flamma sväfvade ofvanom. Detta ljus observerades under 15 minuter.

Den 17 november gjordes en liknande observation.

I Kultala uppträdde ljusfenomenen i allmänhet med högre intensitet, men största delen kunde endast med spektroskopet iakttagas, emedan vid de få gynsamma tillfällena månljuset var tillstädes.

Försök med Holtz' elektricitets-maskin.

För att erhålla ännu ett bevis om norrskensets elektriska ursprung, hade expeditionen försett sig med en dubbelt verkande Holtz-maskin, som, oaktadt sin bräcklighet och svårigheten vid transport på renar, anlände i oskadadt skick till bestämmelseorten.

När denna maskin infördes i ledningen till apparat I med positiv pol mot jorden, så visade sig ljusfenomenet mycket tydligare. Detta observerades redan den 17 december i Sodankylä, när maskinen försattes i verksamhet uti ledningen till Kommattiwaara, men de mera omfattande studierna skedde på Kultala station.

Observationerna, hvilka alltid utfördes från kojan O eller från punkten O', skedde följande dagar:

1884 jan. 27, febr. 3, 4, 6, 7, 8, 12, 16, 20 och 24. De utfördes af Biese och mig, och hvarje afton uppsattes en rapport, för den 3 febr. af mig och öfriga aftnar af Biese.

Vi införa här rapporterna för den 3 och 6 febr.

1884 febr. 3. Ankom till observationskojan kl. 6^m 30^m. Månen var högt uppe och belyste fjelltopparne starkt; inga ljusfenomen af norrskensartad natur kunde iakttagas någonstädes, hvarken med blotta ögat eller med spektroskopet.

På telefonsignal sattes Holtz-maskin i ledningen med positiv pol mot jorden. Oaktadt den mest ansträngda uppmärksamhet kunde icke något norrskensartadt ljusfenomen iakttagas.

Imellertid började månen småningom insvepas i en molnslöja (nimbus), hvarigenom intensiteten af dess ljus nedsattes till omkring hälften. Sedan detta varat omkring en half timme, började allt starkare ljusfenomen i form af hvita molnartade flammor uppstiga från apparaten I. Dessa gånge reaktion i spektroskopet och syntes tydligt för blotta ögat. På telefonsignal sattes maskinen åter i gång, och nu följde flammorna raskt efter hvar andra, gifvande för hvarje gång reaktion i spektroskopet. Reaktionen hade vid detta tillfälle en något egendomlig karaktär; ehuru spektroskop-springan var fin, så var norrskenslinien temligen bred och åtföljdes alldeles tydligt af ett kontinuerligt spektrum inemot E.

Klockan 8 stannades maskinen och flammorna blefvo sällsyntare och svagare. Kl. 8^m 15^m sattes maskinen åter i gång med samma resultat som förut. Småningom började en dimma allt mera omgifva fjelltoppen och försöken avslutades kl. 8^m 40^m.

Febr. 7 på aftonen.

»Molnbetäckningen var i medeltal 5 C. S. ($\frac{5}{10}$ Cirro-Stratus), hvarför reaktionerna blott kunde fås projicerade på det intensiva månspektrum. Ytterst svag reaktion erhöles tidtals på norra och vestra himmelen och apparat I gaf ingen reaktion. Så snart Holtz-maskin sattes i verksamhet, erhöles dock en ganska tydlig sådan, i synnerhet när urladdningen från maskinen skedde genom gnistor, som bildades straxt invid maskinens pol. Efter insättandet af ett geislarskt rör i ledningen invid elektricitetsmaskinen blef reaktionen ännu intensivare och var utmärkt tydlig, när urladdningen skedde genom gnistor. Vid alla de tillfällen jag observerat apparaten hade jag ej ännu iakttagit en så intensiv reaktion.»

Biese anmärkte vidare, att ingen absorptionslinie invid

D kunde observeras i månspektrum, oaktadt dess intensitet kunde varieras högst betydligt.

Öfrige rapporter likna mer eller mindre föregående.

Ur dessa data framgår på otvifvelaktigt sätt:

1:o att utströmningsapparaten vid vissa tillfällen framkallar ett diffust ljus, som gifver polarljusets spektralreaktion;

2:o att en Holtz-maskin, försatt i verksamhet i ledningen, förstärker detta fenomen, om det förut förefinnes, och kan under gynsamma yttre förhållanden framkalla det samma.

3:o att ljusfenomenet ej kan iakttagas för blotta ögat om månljuset har hög intensitet, men att spektroskopet äfven då oftast gifver dess närvaro till känna.

Ljusfenomen i form af stråle.

Af tidigare utförda försök hade vi bildat oss den uppfattning, att ljusfenomenet i form af stråle skulle framträda temligen lätt. Imellertid behöfves för detta en klar himmel, låg temperatur och relativt lågt barometerstånd och dertill åtminstone ett svagt norrsken.

Detta sammanträffande af omständigheter har mycket sällan egt rum vintern 1884, och då det skett, har det varit på ett ofullkomligt sätt.

Imellertid har fenomenet visat sig 2 ggr, den 27 febr. och 2 mars, enligt nedanstående rapporter af Roos.

1884 den 27 febr. om aftonen.

Från punkten O (fig. 15) iakttogs en svag norrskensbåge, sträckande sig från W till NNO, småningom tilltagande i styrka. Samtidigt med denna syntes i riktning öfver apparaten på Pietarintunturi öfver bågen, men ej i förening dermed, ett ganska intensivt strålknippe, som hastigt drog sig vesterut och försvann efter att hafva passerat nordlinien. Strålar syntes ej på andra delar af himlahalvvet.

1884 mars 2.

»Observerades från samma punkt af Granit och under-tecknad (Roos) ett norrsken, som, hastigt tilltagande i styrka, redan kl. 8 bildade Corona, hvarför under-tecknad begaf sig till punkt III för att möjligen inträffande ljusfenomen öfver apparaterna på Pietarintunturi skulle samtidigt iakttagas från 2:ne punkter. Omkring kl. 10^m 30^m iakttogs af mig en i riktning öfver apparat I belägen, ganska intensiv stråle, i början lutande något åt öster, men inom kort teende sig som strål-

knippe, med svag lutning åt W. Fenomenet varade 30' till 40'.

På telefonsignal till Granit erhöles svar, att intet ljusfenomen öfver apparaten syntes. Med korta mellantider observerades härefter 3 särskilda gånger en svag stråle i samma rigtning, men nu mera af helt annat utseende. Denna, som höjde sig lodrätt, syntes jembred, samt hade en egenomlig black, ljus färg. Ehuru ytterst svag, var den dock tydligt synlig. Enligt Granits utsaga kunde från punkten O hvarken öfver apparaterna eller på en distans af 15° åt hvardera sidan om fjellet någon stråle iakttagas.»

»Vid tillfället rådde *starkt månsken*, som jemte det intensiva norrskenet i hög grad försvårade observationer af svaga ljusfenomen, hvarjemte afståndet O—I är 2,54 kilometer, då afståndet III—I endast är 1,56 kilometer.»

Om ock något tvifvel vidlåder den första iakttagelsen, d. v. s. huruvida strålen var på fjellet eller icke, så är den andra af den 2 mars alldeles säker. Att ingen norrskensstråle sågs af observatorn Granit vid punkten O inom en vinkel-distans af 30° omkring fjellet, visar blott, att ljuset var för svagt att framtränga på ett afstånd af 2,45 kilometer, ehuru det syntes väl på 1,56 kilometer. Också var reflexen af månljuset starkare till punkten O än till III, emedan månen vid observationstillfället var belägen i det närmaste i NW.

Vi hafva sett, att det endast är undantagsvis som utströmningsapparaten frambringa ljusfenomen i form af stråle. Imellertid har detta blifvit observeradt 4 ggr, bland hvilka 2 ggr med full säkerhet.

1:o) 1871 den 16 nov. på berget Luosmawaara nära Enare prestgård.

2:o) 1882 den 29 dec. på Pietarintunturi nära Kultala.

3:o) 1884 den 27 febr. på samma ort.

4:o) 1884 den 2 mars på samma ort.

Uti de fall, som införas under mom. 2:o) och 4:o) var säkerheten af observationen fullständig.

På planchen V hafva vi framställt fenomenet sådant det visade sig den 29 dec. 1882 vid mycket låg temperatur: — 30°.

Till venster synes en temligen klar norrskensbåge, hvars östra fot försvann bakom berget, på hvars topp strålen synes öfver apparaten med ungefärligen samma intensitet som den i verkligheten hade. I bakgrunden var himmeln betäckt af af ett gulaktigt ljus, på hvilket strålen aftecknade sig. I förgrunden synes observationskojan, i hvilken galvanometern

V.



var uppställd. Afståndet mellan denna koja och bergets topp var omkring 600 meter, och strålens höjd omkring 134 meter.

Det var från kojans, som strålen först syntes, och vi begåfvo oss genast till en ort, belägen mera i söder, så att sigtlinien till berget under färden hade beskrifvit en vinkel af omkring 90°. Vi reste genom en liten lågväxt skog, och hvarje gång berget framträdde, visade sig ock strålen med vexlande intensitet.

XI. Den närvarande teorien för polarljuset.

Fördelningen af den atmosfäriska elektriciteten.

Molnens elektricitet.

Efter den föregående utläggningen blifver det oss nu lätt att framställa teorien för polarljuset.

All den positiva elektricitet, som uppkommer ur afdunstningen genom mellankomst af den unipolära induktionen, fördelas uti atmosfären på följande sätt:

a) en del — och det sannolikt en ganska ringa del — kvarstannar i de nedersta luftlagren och uppenbarar sig i form af luften elektricitet i egentlig mening, hvarom vi ofvan talat;

b) en annan del kvarblifver på de vattenångor, hvilka kondenseras inom molnregionen. För oss visar sig denna elektricitet under form af åska och blix, d. v. s. en elektrisk gnista mellan tvenne moln eller ock mellan ett moln och jorden.

Denna urladdning antager en så häftig karakter af den orsak, att molnmassan är en god ledare för elektriciteten och med anledning deraf tillåter en stor mängd springa öfver på en gång. Tänka vi oss tvenne molnlager, det ena ofvanom det andra, så måste fördelningen af elektriciteten blifva följande, såsom fig. 16 utvisar.

Det öfre lagret är ofvantill negativt och nedantill positivt elektriskt; det nedre lagret har den fördelning, som tecknen utvisa.

Följden af denna fördelning, som förorsakas af den positiva elektriciteten på luftkonduktorn och den negativa på jorden, blifver en häftig urladdning mellan de begge molnen. Uppåt och nedåt försiggår den samma oftast genom en långsam ström, i det den förtunnade luften i atmosfärens öfre regioner leder elektriciteten, och jordytan vanligen erbjuder ett stort antal spetsar, som i hög grad underlätta strömmens gång. Orsaken kan ock delvis ligga i den fuktighet, som de nedre luftlagren vid dylika tillfällen besitta.

Likväl händer ej sällan, att urladdningen försiggår mellan molnet och jorden, i hvilket fall ett åskslag inträffar.

Kornblitzen visar oss åter, att urladdningen af det öfre molnlagrets negativa elektricitet äfven kan antaga en häftigare karakter; detta fenomen är en blix, som försiggår på

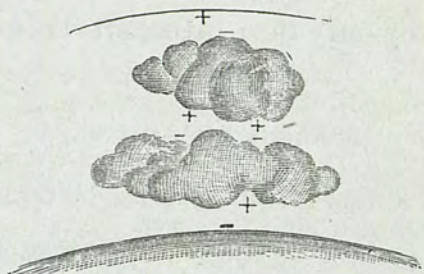


Fig. 16.

ett sådant afstånd från jorden och uti så starkt luftförtunnadt rum, att vi ej kunna höra något ljud af den.

Såsom vi sett sänker sig molnregionen af samma skäl som luftkonduktorn mot polartrakterna, hvilket är en orsak, att åskvädren i nordliga trakter, kort förr än de alldeles upphöra, antaga en mycket häftig karakter, i det urladdningen oftast försiggår från molnet till jorden. Åskvädren äro dock der ganska sällsynta och förekomma knappast öfver 70° nordl. latitud;

c) en del af elektriciteten föres af vattenångorna upp till atmosfärens högsta regioner och träffar der luftkonduktorn, på hvilken den fördelas såsom vi ofvan framställt, nämligen så, att i medeltal den mängd elektricitet, som finnes på hvarje ytenhet är 9% större vid polerna än vid eqvatorn. Detta inträffar så väl på jordytan som på luftkonduktorn, och, såsom vi sett, blir den kraft, hvarmed elektrici-

teterna sträfva att genomgå det mellanliggande luftlagret, åtminstone 20% större vid polerna än vid eqvatorn.

Härvid bör anmärkas, att jordens negativt elektriska tillstånd äfven om ingen elektricitet genom vattenångorna tillfördes luftkonduktorn, genom sin inverkan (*influence*), skulle frambringa dess positiva elektricitet, hvarvid den negativa skulle stötas bort mot atmosfärens yttersta gräns. Fördelningen skulle likväl förblifva sådan vi ofvan framställt den.

Är den förra orsaken öfvervägande, så måste i de trakter, der afdunstningen är starkast, således i heta zonen, försiggå en långsam och svag ström af positiv elektricitet nedifrån uppåt; i polartrakterna åter måste denna ström tvärt om gå uppifrån nedåt. Är åter den senare orsaken öfvervägande, så måste elektriciteten öfver hela jorden strömma uppifrån nedåt, och denna ström bör då tilltaga i styrka, ju mera vi aflägsna oss från eqvatorn mot polerna.

Den elektriska ström, som frambringar polarljuset.

Det är denna ström, som förorsakar polarljuset.

Tänka vi oss ett bälte *r m n s* fig. 17 omkring jordens norra pol, så hafva vi nederst *jordytan* med sin negativa elektricitet, och ofvantill *luftkonduktorn* med sin positiva elektricitet, samt mellan dem ett *oledande luftlager*, hvars motstånd måste öfvervinnas.

Tänka vi oss vidare elektriciteterna på begge konduktorerna innehafva den spänning, att de jemt hålla jemvigt mot detta motstånd, så kommer en utjemning till stånd på tvenne sätt: antingen så, att elektricitetsmängden på de begge konduktorerna förökas, eller ock så, att luftens motstånd förminskas.

Detta senare inträffar om en sydlig vind råkar inom vårt bälte, medförande vattenångor, hvilka till följd af den låga temperaturen öfvergå till flytande form och derigenom förminskas luftens motstånd eller, såsom vi ofvan sagt, föröka dess ledningsförmåga.

Denna utjemning kan tydligen ej blifva häftig, emedan elektriciteten måste tillströmma från en stor rymd af förtunnad luft, som visserligen i jemförelse med luft af vanligt tryck är en god ledare, men som dock i sig sjelf leder i så ringa grad, att den ej tillåter en större mängd elektricitet öfverspringa på en gång. Skulle luftkonduktorn vara en så

god ledare som t. ex. metallerna eller vattnet, så skulle urladdningen ske på en gång, genom en enda blix.

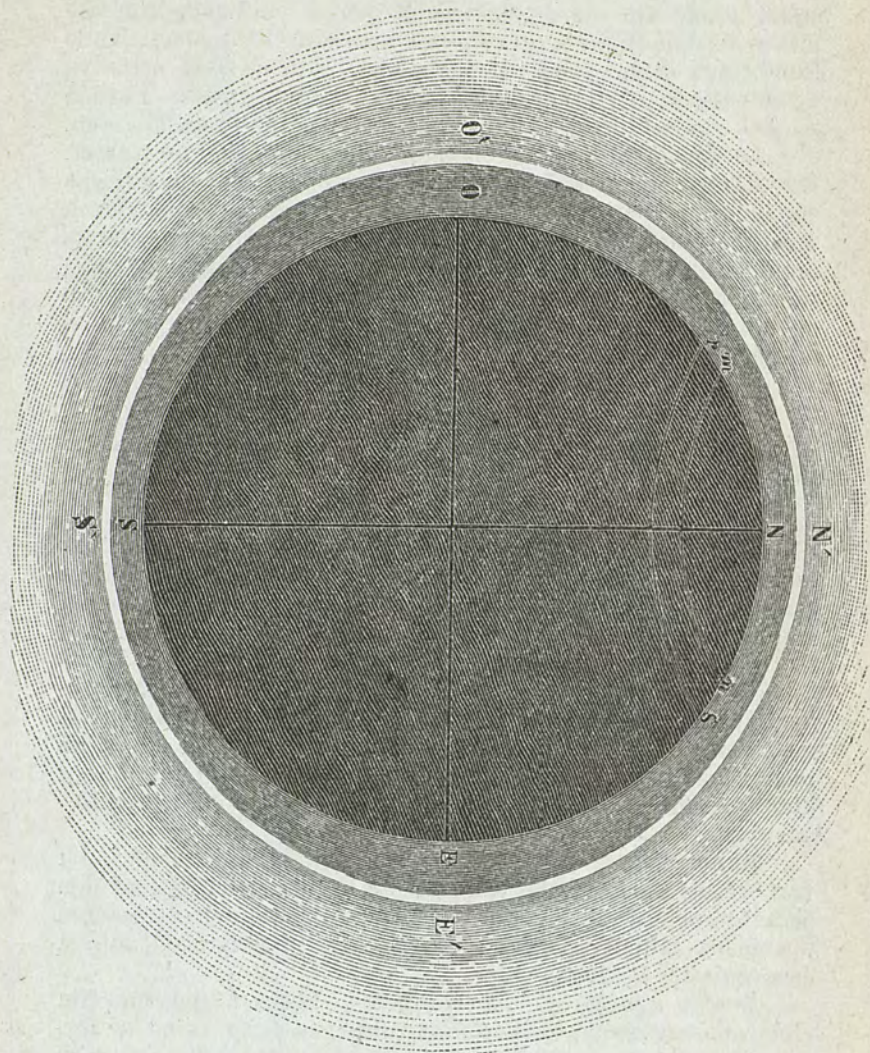


Fig. 17.

Nu derimot börjar strömmen från de nedre lagren af luftkonduktorn relativt långsamt, tränga ned mot jorden, och

härigenom rubbas den elektriska jemvigten uti hela den omgifvande rymden, från hvilken nu elektricitet från alla håll tillströmmar för att ersätta det, som bortgått, och återställa jemvigten. Uti det luftförtunnade rummet frambringas strålar af ljus genom denna ström, som dock ej har nog styrka att utöfva samma verkan i de nedre luftlagren.

Om vi leda en elektrisk ström, böjlig i alla sina delar, i närheten af en magnets poler, så ställes denna i en viss bestämd riktning i förhållande till magneten, sålunda att den magnetiska kraftens riktande verkan på den i hvarje punkt är noll.

Polarljusstrålarne äro just dylika böjliga elektriska strömmar, och måste därför under inflytandet af jordmagnetismen ordna sig på sådant sätt, att dess verkan på dem är noll, hvilket inträffar då de äro i det närmaste parallela med inklinationsnålens, d. v. s. med den totala magnetiska kraftens riktning. Strålarne måste ofvantill något närma sig till hvarandra, emedan strömmar, som gå i samma riktning, städe attrahera hvar andra. Denna attraktion är störst i den högre rymden, emedan strömmen der är starkast.

Häraf härleder sig denna ordning, som vi se polarljusstrålarne intaga, och vi finna nu tillika, att jordmagnetismen ingalunda är en direkt orsak till polarljuset, utan att dess verkan inskränker sig till frambringandet af den unipolära induktionen och att ordna de färdiga polarljusstrålarne i en bestämd riktning.

Vi kunna nu lätt inse, att polarljuset kan förekomma inom en mycket trång omkrets, ty dertill behöfves endast, att ledningsmotståndet i luften förminskas inom en mindre rymd, då den elektriska strömmen måste vara inskränkt inom densamma. Inträder t. ex. ett moln mellan luftkonduktorn och jorden, så förminskas motståndet endast inom den rymd, som molnet intager. Strömmen går då från luftkonduktorn till molnets öfre rand, som vanligen börjar utsända ljus, vidare genom molnmassan till jorden utan att ljusfenomen frambringas.

En dimma, som omgifver en bergspets, åstadkommer samma verkan, och, såsom vi framställt, uppträda också ofta svaga ljusfenomen omkring fjelltopparne i polartrakterna.

Till följd af den egendomliga lag, som gäller för värmeutvecklingen i en elektrisk strömbana,*) kan ljusfenomen äfven frambringas i luft af ganska högt tryck, om dess led-

*) Joules bekanta lag, enligt hvilken den utvecklade värmemängden är prop. mot strömstyrkans kvadrat och ledningsmotståndet.

ningsmotstånd i viss mån förminskas genom en betydlig tillsats af vatten, t. ex. just en dimma.

Under sin långa väg från luftkonduktorn till jorden möter den elektriska strömmen luftmassor af olika tryck och olika vattenhalt; på en del orter är motståndet så förminskadt, att ljusfenomen uppstå, på andra ej *). Härigenom kunna flere ljusbågar upplasma öfver hvar andra, ett fenomen som ofta blifvit iakttaget i polartrakterna.

Ur den föregående framställningen inses lätt, att sjelfva den elektriska strömmen från luftkonduktorn mot jorden är *hufvudsak*, och att ljusfenomenet endast är en verkan af den samma. Fråga vi oss, om en dylik ström kan förekomma utan något ljusfenomen, så måste svaret blifva jakande, i synnerhet om vi påminna oss experimentet med det geisslerska röret i närheten af den elektriska sfären. På ett visst afstånd från den samma upphör städse ljusfenomenet, men sjelfva strömmen upphör därför ej, utan fortfar, ehuru naturligtvis svagare. Vi kunna derur draga den slutsats, att en ström kan förefinnas utan att frambringa ljusfenomen.

I sjelfva verket visa försöken med utströmningsapparaterna i Lappland, att en sådan ström existerar.

Om de orsaker, hvilka utöfva inflytande på konduktorernas inbördes ställning.

Uti naturens ofantliga laboratorium förefinnas flere orsaker, hvilka göra, att fenomenen icke försiggå så regelbundet, som vi nyss beskrifvit. Vi hafva sett, att temperaturen utöfvar ett viktigt inflytande på luftkonduktorns ställning i förhållande till jordytan.

Det inträffar ganska sällan, att temperaturen har det medelvärde, som vi antagit. Än stiger den öfver, än faller den under detta värde, och luftkonduktorn måste stiga och falla i samma mån. Det är mycket sannolikt, att dessa förändringar inskränka sig till de lägre lagren af atmosfären, men det är ock just här, som de utöfva det största inflytandet, emedan luften i dem har den största tätheten.

Om temperaturen i polartrakterna faller t. ex. till -40° , hvilket ej är sällsynt, så sänker sig luftkonduktorn ganska

*) Om något vatten ingjutes i ett geisslerskt rör, så kan ljusfenomen uppstå i det samma vid ett tryck af 145 mm.

betydligt mot jordytan; den elektriska spänningen ökas och vilkoren för den elektriska strömmen från de högre lagren af atmosfären blifva gynnsammare.

Höjes temperaturen, och i samma mån luftkonduktorn, så inträffar det motsatta förhållandet. Ett viktigt bevis för sanningen häraf lemna åter försöken med utströmningsapparaterna i Lappland, ty strålarne på bergspetsarne uppträda endast vid låg temperatur.

Alla temperaturförändringar måste därför utöfva ett mycket viktigt inflytande på polarljusfenomenets uppträdande. Detta inflytande blir än mera påfallande, då vi erinra oss, att luftens grad af fuktighet och deraf beroende ledningsförmåga för elektriciteten står uti ett nära förhållande till temperaturen.

Det finnes ännu en omständighet, som ganska mycket bidrager att sänka luftkonduktorn omkring polerna. Luftens ledningsförmåga är ännu märkbar vida lägre ned, än der den har ett tryck af 5 mm; ännu vid 40 å 50 mm:s tryck är den ganska stor. Detta inträffar väl ock vid egvatten, men, såsom vi sett, är den kraft, hvarmed elektriciteterna attrahera hvar andra, åtminstone 20 % större omkring polerna, och denna omständighet måste verka, att elektriciteten tränger lägre ned på sistnämnda orter.

Den nu framställda teorin är till sina hufvuddrag densamma, som blifvit frambragt af A. de la Rive, men innebär tillika flera viktiga tillägg till den samma.

Genom direkta försök har *polarljusets elektriska ursprung* blifvit bevisadt. *Elektricitetens samlande* vid jordens poler är beroende af det *system af två konduktorer*, som bildas af jordytan och det luftförtunnade rummet, hvar till den *horizontala komposanten* af den *unipolära induktionen* medverkar. Luftelektriciteten har, enligt all sannolikhet, sin orsak uti afdunstningen genom den unipolära induktionen.

Genom norrskensapparaten bevisas, att en elektrisk ström genomgår luftlager af vanligt tryck utan att frambringa ljus, men att ljusfenomenet framträder sedan den uppnått lager med ringa tryck.

Slutligen har den ström, som frambringar polarljuset, blifvit direkt uppmätt.

Öfverensstämmelse imellan teori och observation.

Under loppet af vår framställning har redan denna öfverensstämmelse klarligen framgått i många fall. Vi behöfva derfor ej fullständigt upprepa den samma.

De magnetiska stormarne måste med hög grad af sannolikhet anses vara en följd af den ström, som förorsakar polarljuset.

De kunna deraf hafva sitt ursprung på tvenne sätt. Den direkta strömmen uppifrån nedåt måste förorsaka en afvikning af deklinationsnålen, åt *vester*, om nålen befinner sig söder om den ort, der denna ström försiggår; åt *öster* i motsatt fall. När denna ström träffar jorden, så förorsakar den rubbningar af jordströmmen, och dessa kunna äfven verka en afvikning hos nålen, åt *vester* om strömmen går från norr till söder; åt *öster* i motsatt fall.

Dessa slutsatser framgå mycket enkelt ur lagen om den elektriska strömmens inverkan på magnetnålen, hvarom vi ofvan erinrat. Emedan orsakerna till rörelserna äro så mångfaldiga, så kunna vi lätt inse, hvarför magnetnålens rörelser visa sig så nyckfulla under en magnetisk storm.

Deras styrka och talrikhet måste växa i den mån vi närma oss norrskensens maximal-zon, emedan den elektriska strömmen, som förorsakar dessa, både uppträder mera ofta och tilltager uti intensitet. Den sannolika tillvaron af en zon, hvarest jordströmmarne visa mera styrka och talrikare variationer, och hvilken är belägen söder om norrskensens maximal-zon, låter oss se orsaken till det intima samband, som råder mellan de begge företeelserna.

Att de både kunna uppträda med olika styrka öfver hela jorden och inskränka sig till temligen trånga lokaler, inses ock ganska lätt.

Likaledes blifva de elektriska strömmar, som under polarljus iakttagas i telegraftrådarna, genom verkningarne af denna ström på ett enkelt sätt förklarade, så väl till riktning som äfven till öfriga egendomligheter.

Sjelfva ljusets egenskaper i norrskenet, dess liflighet och föränderlighet, dess olika färger och former förklaras mycket väl genom denna ström och de olika tillstånd, hvori luftlagren, genom hvilka den går, befinna sig.

Låtom oss taga som exempel ett böljande ljusband, sådant vi se det, pl. III; det är ingenting annat än verkan af

vår ström, som råkat ett luftlager, uti hvilket fuktighet och förtunning frambringa en ledningsförmåga, sådan, att den utvecklade värmemängden är tillräcklig att bringa luft- och vattenpartiklarne i glödande tillstånd. Upptill och nedtill ha luftlagren ej samma beskaffenhet, och ljuset försvinner.

Norrskenskronan har sin orsak i det perspektiv, hvori strålarne ses, äfvensom i deras närmande till hvarandra i de högre regionerna.

Alla de egendomligheter, som polarljuset visar i anseende

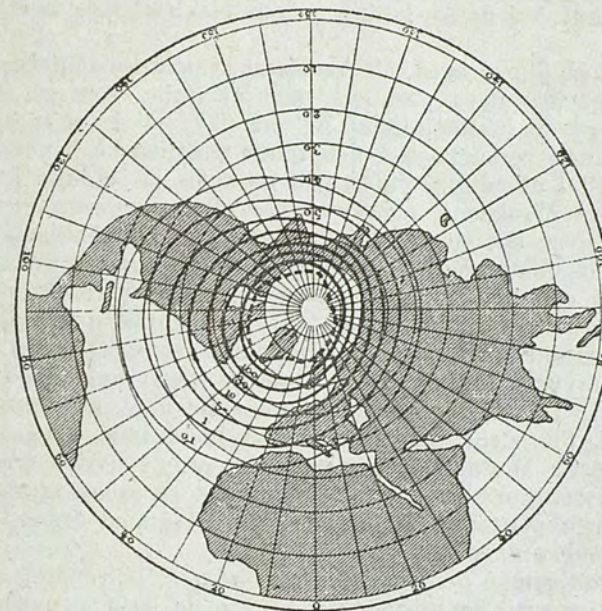


Fig. 18.

till sin geografiska utbredning, finna en enkel förklaring uti dess beroende af temperaturförhållandena. På kartan (fig. 18) se vi, att det bälte, inom hvilket årliga antalet polarljus är störst, ligger mellan orter, som hafva en årlig medeltemperatur af 0° och -10° . Öfverensstämmelsen är fullkomlig i vestra halfklotet, men i det östra sänka sig isothermerna betydligt lägre ned än bältets kanter.

Detta inträffar mest i Sibirien, men orsaken härtill bör utan tvifvel sökas uti den omständighet, att så väl polarljus-

bältets kanter som medeltemperaturen i dessa trakter äro mindre noggrant bestämda, såsom varande belägna i öde trakter.

Vi hafva ofvan sett, att den unipolära induktionen alstrar en kraft, som drifver elektriciteten i atmosfären i en riktning, vinkelrät mot inklinationen eller den totala magnetiska kraften. Denna kraft har en komposant i vertikal led nedifrån uppåt, som minskas ju mera inklinationen närmar sig 90° . Denna komposant gör ett motstånd mot elektricitetens nedgående till jorden från luftkonduktorn, och ju mindre denna komposant är, desto lättare måste elektriciteten nedgå till jorden.

Också finner man, att kanterna af polarljusbältet i norra halfklotet äro nära parallela med de linier, som gå genom orter med en inklinasjon af 70° och 80° . Vid den unipolära induktionen verkar också den totala magnetiska kraften, och det skall i allmänhet blifva ganska svårt att afgöra, hvilken af de två orsakerna, *temperaturen* eller *jordmagnetismen*, som utöfvar det största inflytandet på maximal-zonens läge.

De oscillationer, hvilka maximal-zonens gränser äro underkastade, och hvilka på ett så vackert sätt blifvit utredda af S. Tromholt, föranleder oss till den uppfattning, att det öfvervägande inflytandet bör tillerkännas temperaturens variationer, d. v. s. luftkonduktorns större eller mindre höjd öfver jordytan. Då ytterligare det ledningsmotstånd, som luftlagren erbjuda för strömmen från denna konduktor, i väsendtlig grad beror af deras fysiska egenskaper, på hvilka temperaturen utöfvar ett så mäktigt inflytande, så ledas vi allt mer till den uppfattning, att den mest verksamma orsak härvid är: *temperaturen*.

Hvad angår *öfriga egendomligheter*, beträffande polarljusets geografiska utbredning, så äro de lätta att härleda ur teorin.

Emedan den elektriska strömmen lättare frambringa ljus, ju mera luften intill en viss gräns är förtunnad, så följer deraf, att polarljuset oftast uppträder i en höjd, som närmar sig luftkretsens gränser. Deraf den utomordentliga höjd man beräknat för polarljusstrålarnes öfversta ändar. Såsom vi sett äro dock de mätningar, som man anställt, endast approximativa, ja, de kunna till och med vara oriktiga, men om de på ett eller annat sätt bekräfta sig, så följer deraf, att atmosfärens yttersta gränser måste befinna sig på samma höjd öfver jordytan. (Not. XVIII).

Att polarljusbågens nedre rand både kan öfver- eller

understiga den höjd, som intages af luftkonduktorn, inses ock ganska lätt, ty detta beror af luftens ledningsförmåga och strömmens styrka. Såsom vi sett, kan fenomenet, under gynnande omständigheter, till och med uppträda vid jordytan.

De resultat, som spektralanalysen gifvit, stå i en mycket nära öfverensstämmelse med teorin. Såsom vi ofvan framställt, har man i polarljuset funnit ända till 12 spektrallinier. Alla dessa återfinnas bland de linier, som erhållas, om spektroskopet riktas mot ett geisslerskt rör, genom hvilket en elektrisk ström ledes. Röret bör naturligtvis innehålla de gaser, som ingå uti luften, antingen på en gång eller ock hvarje gas för sig.

Men hvaraf kommer det då, att ej alla de linier, som vi finna hos dessa gaser, uppträda i polarljuset?

Den vetenskapliga forskningen svarar härpå, att gasernas spektrallinier förändras af två orsaker, nämligen: efter gasens olika tryck och temperatur, som åter förändras med strömstyrkan.

Vi kunna på ett mycket enkelt sätt öfvertyga oss härom genom polarljusapparaten. Om vi rikta ett spektroskop på våra geisslerska rör, under det att de äro i beröring med den elektriska sfären, så se vi ett stort antal band, från rödt ända ned till det yttersta violetta. Höja vi derimot våra rör uppåt, så att beröringen mellan rörens ändar och sfären upphör, så försvinna några band och ersättas af andra, hvilka ej äro belägna på samma orter i spektrum. På fig. 19 framställer III de linier, som synas i detta fall. Jemföra vi dem med polarljusets linier, II, så finna vi en temligen tillfredsställande, ehuru dock ofullkomlig öfverensstämmelse.

Undersöka vi uti tabellen, pag. 158, bestämningarna af norrskenet spektral-linier, så nödgas man medgifva, att linier, placerade på skilda orter i spektrum, blifvit ansedda som identiska. Den stora bristen på öfverensstämmelse mellan skilda observatörers bestämningar kan väl knappast annorlunda förklaras.

De förändringar i antalet spektral-linier från förtunnad luft, som finnas vid användning af olika metoder för att frambringa ljuset, bekräfta detta betraktelsesätt.

Vogel har åstadkommit ljuset i de geisslerska rören medels en Ruhmkorffs apparat.

Vi hafva erhållit detsamma med strömmen från en Holts' maskin, hvilken ström genomgick ett luftlager af vanligt tryck, förr än den träffade rören.

Sundell frambragte ljuset genom influence på röret, det han låter maskinen ladda och derefter urladdar 2:ne tennfolieringar på rörets ändar.

Man ser, att de tre metoderna gifva olika resultat, men man ser ock, att luftens spektrum i allmänhet innehåller linier, svarande mot dem, som finnas i polarljuset.

Man har påstått, att den karakteristiska linien n:o 2 aldrig blifvit funnen uti en ljuskälla på jorden. Våra bestämningar hafva ej heller gifvit en fullständig öfverensstämmelse mellan $\lambda = 5570$ i norrskenet och $\lambda = 5580$ från polarljus-apparaten.

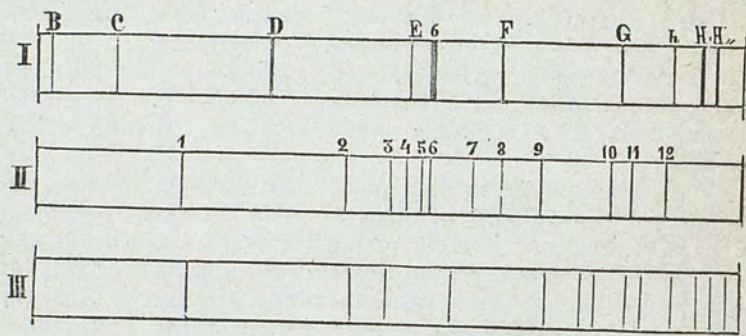


Fig. 19.

- I. Solspektrets hufvudlinier.
- II. De 12 norrskenslinierna.
- III. De spektrallinier som erhållas från geisslerska rör i norrskens-apparaten.

Huru härmed än må förhålla sig, så anse vi frågan nu afgjord, emedan vi hafva tydligen sett denna linie uti det ljus, som frambragtes genom en Holtz-maskin, försatt i verksamhet i ledningen till utströmnings-apparaten på fjelltoppen i Lappland. (Not. XIX.)

De omständigheter, hvarunder ljuset frambringas, hafva ett sådant inflytande på dess natur, att vi ej ega rätt att fordra fullständig öfverensstämmelse mellan polarljusets och den förtunnade luftens.

Linien n:o 12 öfverensstämmer äfven med 2 linier i luftens spektrum. Vid de ogynsamma omständigheter, under hvilka vi observerade denna linie, hafva vi lätt kunnat antaga två linier som en.

Man inser lätt, att de vilkor, hvarunder strömmen framkallas i norrskens-apparaten, likna dem, som förefinnas i atmosfären under sjelfva polarljuset, men de äro ingalunda identiska. I synnerhet är skilnaden i temperatur ofantlig, äfvensom den rymd, som upptages af strömmen.

De 12 linierna visa sig icke alltid tillsammans uti polarljuset; n:o 2 är dock oskiljaktig från detta spektrum. När man kan erhålla den röda linien, hvilket sällan händer, så försvagas linierna mellan denna och 7 och 8 ganska mycket; de öfriga försvinna alldeles. Vi hafva sålunda framför oss 2:ne olika spektra, men det är sannolikt, att deras öfverensstämmelse med luftens spektrum är större, ju mera de yttre omständigheterna likna hvarandra.

Den dubbla periodiciteten.

Man har velat förklara solfläckarnes dubbla periodicitet, som ofvan blifvit afhandlad, genom inflytande af de större planeterna, Jupiter och Saturnus. I sjelfva verket är den förres omloppstid, 11,86 år, nära lika med den kortare perioden hos polarljuset; Saturni omloppstid, 29,46 år, fördubblad, är åter lika stor med den längre perioden. Tillika se vi, att de begge planeterna, efter det Jupiter gjort 5 omlopp och Saturnus 2, återkomma i ungefär samma ställning till hvar andra. — Såsom vi ock sett, öfverensstämma polarljusets perioder med solfläckarnes och de magnetiska variationernas.

Utän att bestämdt vilja förneka möjligheten af *solens* och *planeternas direkta* inverkan på hvar andra uti elektriskt hänseende, så anse vi dock alldeles för tidigt att söka orsaken till periodiciteten uti den samma. En sådan inverkan kan möjligen uppstå på det sätt, att planeterna, i synnerhet de större, verkligen uti vissa ställningar utöfva ett märkbart inflytande på solens yta genom gravitationen, och härigenom åstadkomma en förökning eller förminskning i fläckarnes antal. Följden måste då blifva en modifikation af det värme, som solen utstrålar.

Denna förändring af det utstrålade värmets skulle vara en följd af fläckarne. En *med fläckar betäckt sol* utstrålar till jorden ett värme, som mycket starkare *absorberas af jordatmosfären* än det, som utstrålas af *en sol utan fläckar*. Atmosfären förhåller sig här såsom en *absorberande skärm*, allt efter som värmets kommer från en mer eller mindre dun-

kel värmekälla. Deraf framgår, att hela den mängd värme, som solen utsänder, blifver olika fördelad mellan atmosfären och jordytan.

En sol utan fläckar gifver en större värmemängd direkt till jordytan än en sol med fläckar, ty i senare fallet blifver den af atmosfären *absorberade värmemängden* större.

Denna olikhet i fördelningen af värmets mellan atmosfären och jordytan kunde ganska väl vara den orsak, som bestämmer de observerade periodiska förändringarna på jorden.

En sådan periodisk förändring uti det från solen utstrålade värmets och den deraf beroende olika fördelningen skulle skapa en dylik uti afdunstningsfenomenet och således äfven uti elektricitetsutvecklingen på jordens yta.

Derigenom skulle vår periodicitet förklaras på ett mycket enkelt sätt och vi behöfva ej antaga några andra inflytanden från solen än dem, som vi iakttaga i form af värme och ljus.

De meteorologiska iakttagelserna hafva blifvit fortsatta alldeles för kort tid, med nödig grad af noggrannhet, för att häröfver gifva säkert utslag *).

Likväl hafva vi sett, att en sammanställning af observationer öfver flere meteorologiska fenomen gifver anledning till antagandet af en dylik periodicitet.

Om detta framdeles bekräftar sig, så har vår kunskap om polarljuset åstadkommit ett stort framsteg; ty det var hos detta fenomen periodiciteten först spårades.

Uti alla fall synes oss denna åsigt bättre stämma öfverens med naturlagarna än antagandet af ett direkt inflytande från solen.

Vi kunna endast med svårighet fatta möjligheten af ett sådant direkt inflytande, i synnerhet då vi erinra oss, huru små de krafter äro, hvilka åstadkommas af elektricitet och magnetism, och huru ofantliga de rymder äro, hvilka åtskilja himlakropparna från hvar andra. (Se Not. XX.)

Vi hafva ofvan uttalat en grundsats, hvilken synes oss här tillämplig, d. v. s. att först söka orsaken till de företeelser, som försiggå på jordytan uti de krafter, som verka på jorden, och när detta visat sig omöjligt, söka orsakerna i verdensrymden.

Hvad är orsaken till polarljusets årliga och dagliga perioder? Denna måste sökas uti de meteorologiska fenomenen och i synnerhet i afdunstningen. Denna verkar här

*) Nervander, Prof. vid universitetet i Helsingfors, fann redan på 1840-talet en periodicitet i solvärmets, hvars längd motsvarade tiden för solens rotation.

på tvenne sätt, nemligen: vid frambringandet af elektricitet och till förändring i luftens ledningsförmåga.

Antalet af polarljus bör vara störst de årstider, då afdunstningen är starkast, hvilket ock i sjelfva verket är fallet. Då den vattenånga, som luften om dagen upptagit, om aftonen och natten delvis kondenseras, så måste på dessa tider luftens ledningsförmåga vara störst och polarljuset äfven då lättast uppkomma.

Emedan luftkonduktorn omgifver hela jorden, så måste en rubbning af den elektriska jemvigten på den samma klarligen verka öfver hela dess yta. Om därför en betydligare mängd elektricitet uppstår på luftkonduktorn i norra halvklotet, så måste den blifva märkbar äfven i det södra, emedan elektriciteten utbreder sig öfver hela ytan, och i denna omständighet hafva vi att söka orsaken till de samtidiga polarljusen vid de begge polerna.

Uppstår ett ljud vid polarljuset eller ej?

Denna fråga har varit mycket omtvistad. Vi hafva aldrig hört ett dylikt ljud; men orsaken dertill kan mycket lätt ligga uti tillfälliga omständigheter. Hafvets brus eller vindens susning hafva alltid, vid de många tillfällen vi iakttagit polarljus, varit tillräckligt starka att förtaga verkan af det svaga ljudet deri.

Emedan vi veta, att fenomenet förorsakas af en elektrisk ström, så kunna vi tänka oss den samma såsom ett oändligt antal mycket små gnistor, gående öfver från partikel till partikel i luften. Om denna nu innehåller fuktighet i fast form, t. ex. isnálar, så måste dessa gnistor vara större än om denna fuktighet förefinnes i flytande form, t. ex. dimma. Men om gnistorna uppnå en viss storlek, så måste ock ett brusande ljud frambringas, hvilket företrädesvis bör inträffa då temperaturen är låg. Ljudet kan därför i undantagsfall uppstå och förnimmas om fenomenet försiggår nära jordytan.

Öfverensstämmelsen mellan teorin och observerade data är så fullkomlig, som vi med vår närvarande kännedom om förhållandena kunna vänta oss. Vi tveka ej att uttala den säkra förhoppning, att de framtida forskningarne i allo skola bekräfta denna teori.

Försöket med utströmningsapparaterna måste häfva allt tvifvel om fenomenets ursprung, emedan den elektriska ström, som frambringar polarljuset, har blifvit konstaterad och uppmätt.

Om den fortsatta forskningen angående polarljuset.

Sedan polarljusets natur blifvit känd, så komma tydligen forskningarna angående det samma att antaga en förändrad karakter.

I främsta rummet synes den ljuset frambringande orsaken, d. v. s. den elektriska strömmen uti atmosfären böra utforskas till storlek och riktning. Att man härvid bör inslä en ny metod, som direkt gifver oss denna ströms elektromotoriska kraft, eller potentialens variationer med höjden äfvensom ledningsmotståndet, synes oss afgjordt.

Först sedan denna ström och dess variationer på flere orter af jorden blifvit bestämda, kunna säkra slutsatser dragas angående de lagar, hvilka den är underkastad.

Att polarljusets mer eller mindre talrika uppträdande och läge på himmelen fortfarande bör utgöra föremål för forskningen är tydligt, likasom ock, att ljusets natur (spektralanalys) i nära sammanhang med de former, hvarunder det visar sig, bör omsorgsfullt studeras.

Höjden öfver jordytan är af stort intresse, men, såsom vi hafva sett, äro de hittills använda metoderna mycket osäkra; endast den andra metoden, hvarigenom en väl karakteriserad punkt af fenomenet bestämmes till höjd och azimuth fullkomligt samtidigt, kan leda till säkra slutsatser.

Det ytterst intressanta inlägg i frågan, som af Edlund, genom tillämpning af den unipolära induktionen, blifvit gjordt, fordrar särskild uppmärksamhet.

Vid utredandet af den lag, enligt hvilken elektromotoriska kraften varierar med höjden öfver jordytan, och hvilken lag vi anse för en af de viktigaste att utforska, inträder den unipolära induktionen såsom ett mycket viktigt moment.

Ehuru vi anse frågan om luftelektricitetens ursprung teoretiskt bestämd genom den unipolära induktionen och af dunstningen, så äro vi dock ense med Tait, att omfattande och i stor skala anställda försök äro nödvändiga för att på detta område utvidga och befästa vår kunskap.

Angående polarljusets perioder, så vidt de bero af förändringarne inom vårt planetsystem, måste vi tills vidare nöja oss med de hypoteser, hvilka blifvit framkastade; men äfven på detta område kunna försök angående solvärmets förhållande till atmosfären, då solen är mer eller mindre belagd med fläckar, gifva oss viktiga upplysningar.

Afgjordt synes oss vara, att den elektriska ström, som frambringar polarljuset, står i närmaste samband med de elektriska strömmarne i jorden och de magnetiska störingarne. Den fortsatta forskningen bör således omfatta dessa områden.

Lätt inses ock, att dessa undersökningar böra utsträckas till polartrakterna, hufvudsakligen i närheten af och på polarljusbältet. Finska Lappland, nordliga Norge, men framför allt Nord-Amerika, hvarest polarljusbältet når en lägre latitud än annorstädes, synas bäst lämpa sig för ändamålet. Med en höjd öfver jordytan af 1,000 meter, kunna redan tillfredsställande undersökningar angående den elektriska strömmen från atmosfären utföras och lagen för elektromotoriska kraftens förändringar bestämmas, t. ex. med utströmningsapparater i olika höjd.

Hvilka resultat likartade undersökningar på bergen i mellersta Europa kunna gifva, är ej lätt att på förhand bestämma, men det säkra är, att de vore af allra största intresse. Att ljusfenomen skola visa sig, är otvifvelaktigt, likasom ock elektriska strömmar, men om de öfverensstämma med motsvarande företeelser i polartrakterna, derom kan intet med visshet sägas.

NOTER.

Not. I. (Sid. 16.)

Här nedan följer en summarisk framställning, i tabellform, af perioderna, upptagande största och minsta antalet observerade norrsknen:

Det föränderliga antalet af polarljus och solfläckar.

Årtal för in- träffande maxima och minima.	Europa mellan 46°—55° och 55°—65° nordl. latitud.				Amerika mellan 0° och 60° nordl. latitud.		Europa söder om pol- cirkeln.		Wolfs relatif- tal för solflä- karna.
	ärligt antal.	medel- tal för 5 år.	ärligt antal.	medel- tal för 5 år.	ärligt antal.	medel- tal för 5 år.	beräk- nadt ärligt antal.	beräk- nadt medelt. för 5 år.	
A	B	b	C	c	D	d	E	e	W
max. 1705,5	1	2,8	0	1,4	0	0	2	6,6	48,6
min. 1712,0	0	0,2	0	0	0	0	0	0,4	0
max. 1718,2	19	21,0	10	4,8	1	1	43	46,8	50,0
min. 1723,5	19	26,8	17	15,2	0	0	49	61,4	10,0
max. 1727,5	22	34,0	53	44,4	0	0,4	96	101,8	90,0
min. 1734,0	65	60,2	38	24,8	0	0	156	152,2	15,0
max. 1738,7	62	64,8	54	43,8	4	1,4	183	166,2	66,0
min. 1745,0	17	31,2	18	32,6	0	4,2	55	91,2	10,0
max. 1750,3	65	48,0	27	32,0	17	9,4	148	116,4	68,2
min. 1755,2	18	28,2	13	18,8	0	1,4	53	73	6,0
max. 1761,5	4	6,2	66	47,6	7	7,6	72	57,0	75,0
min. 1766,5	1	5,8	6	9,6	0	6,4	2	19,0	17,5
max. 1769,7	35	24,4	13	18,0	19	12,2	82	63,0	85,7
min. 1775,5	63	58,2	20	32,4	6	12,4	139	139,2	27,5

Årtal för in- träffande maxima och minima.	Europa mellan 46°—55° och 55°—65° nordl. latitud.				Amerika mellan 0° och 60° nordl. latitud.		Europa söder om polar- cirkeln.		Wolfs relatif- tal för solfläc- karna.
	ärligt antal.	medel- tal för 5 år.	ärligt antal.	medel- tal för 5 år.	ärligt antal.	medel- tal för 5 år.	beräk- nadt ärligt antal.	beräk- nadt medelt. för 5 år.	
A	B	b	C	c	D	d	E	e	W
max. 1778,4	73	69,0	32	29,0	18	13,4	165	160,2	94,8
min. 1784,7	42	65,6	31	45,0	5	30,4	120	168,0	4,4
max. 1788,1	124	106,4	60	72,0	41	42,8	288	260,4	90,6
min. 1798,8	2	6,0	1	1,0	0	0	5	13,0	2,8
max. 1804,2	11	10,0	7	4,2	4	3,4	25	22,6	70,0
min. 1810,6	1	0,4	0	0,4	0	2,8	2	1,2	0
max. 1816,4	2	5,6	2	5,0	1	7,2	6	15,0	45,5
min. 1823,8	0	1,6	2	7,8	2	1,2	1	10,2	23
max. 1829,9	23	27,8	48	49,2	87	43,6	84	88,6	53,5
min. 1833,9	10	15,6	22	20,0	43	40,6	37	26,2	7,5
max. 1837,2	28	14,8	37	34,6	77	64,4	88	65,4	111,0
min. 1843,5	10	14,2	65	62,2	94	89,0	87	112,4	8,6
max. 1848,1	65	45,0	158	133,2	177	163,2	254	207,8	100,4
min. 1856,0	7	8,4	42	58,0	64	73,4	52	71,8	4,2
max. 1860,1	30	32,6	67	61,6	85	80,8	118	129,0	98,6
min. 1867,2	16	33,2	162	170,4	19	71,6	194	218,2	7,0
max. 1870,6	93	77,2	193	188,8	226	149,6	353	360,6	139,1
min. 1876,0									

Uti kolumnen A förekomma de år då maximum eller minimum inträffat; i kolumnen B årliga antalet polarljus mellan 46° och 55° nordl. lat. i Europa, i C årliga antalet mellan 55° och 65° nordl. lat. för de år, då maximum eller minimum egt rum.

Kolumnerna *b* och *e* innehålla medelantalet för de *fem* föregående åren.

Uti kolumnerna D och d finner man samma data för Amerika.

De tal, som äro inskrifna uti kolumnerna E och e, hafva erhållits på följande sätt:

Alla data för Europa, hemtade ur de fullständiga förteckningarna, hafva blifvit delade i *fem* grupper.

Till 1:sta gruppen fördes alla observationer från orter belägna nordligare än 55° lat. n.;

till 2:dra gruppen, observationerna från orter mellan 46° och 55°;

till 3:dje gruppen, dem ifrån orter sydligare än 46°;

till 4:de gruppen räknades alla mera utbredda norrsken, observerade i mellersta Europa; och

till 5:te gruppen, de storartade och sällsynta företeelser, då större delen af jorden på samma tid har varit belyst af norrskenet, såsom det inträffade t. ex. 1831 den 7 januari, 1859 den 28 augusti och 1 september, 1870 den 24 och 25 oktober, etc.

För beräkning af årliga summan uti kolumnen E hafva talen i hvarje grupp blifvit multiplicerade med gruppens ordningsnummer, i den 1:sta med 1, i den 2:dra med 2 etc., i afsigt att i någon mån utjemna bristerna uti observationerna.

Tydligt är, att ett norrsken med stor utsträckning och ovanlig styrka bör hafva en helt annan och större betydelse, vid utredandet af periodernas längd, än ett svagt ljus vid randen af horisonten.

Kolumnen *e* innehåller medeltalet för 5 år, beräknadt ur de på ofvan anförda sätt erhållna tal.

Kolumnen *W* innehåller Wolfs bekanta relativ-tal för solfläckarnes variationer.

Maximi- och minimi-åren hafva blifvit bestämda genom en grafisk metod, medels siffrorna i kolumnerna B—d, hvarur framgår en fullständig öfverensstämmelse med Wolfs relativ-tal för antalet solfläckar.

En uppmärksam granskning gifver vid handen en slående öfverensstämmelse mellan observationerna från Europa och Amerika, i synnerhet i senare tider.

Uti hvardera serien ser man tydligt en period af omkring 11 år äfvensom ganska tydligt en annan period på 55 å 56 år.

Uti sitt arbete, »das Polarlicht», har Fritz behandlat talen något annorlunda, men resultatet förblifver detsamma. De begge perioderna bestämmas noggrant till 11,11 år och 56,6 år.

Nya kataloger af Moberg 1846—55 för Finland och af Rubenson för Sverige (1700—1850) bidraga att bekräfta resultaten.

Not. II. (Sid. 27 och 34.)

Emedan den metod, som Nordenskiöld användt vid beräkningen af observationerna, är af stor betydelse för hans slutsatser, så skola vi här anförda den.

»Antager man», säger N., »att den norra magnetiska polen är belägen vid 70° n. lat. och 97° v. l. fr. Greenw., så blir afståndet till Vegas vinterhamn, mätt på jordytan, $= 26\frac{1}{4}^{\circ}$ och vinkeln mellan Vegas meridian och den stora cirkel, som sammanbinder dessa båda punkter $= N 49^{\circ} O$. Efter den Gausska teorin var derimot den magnetiska polen 1829 belägen vid $73^{\circ} 21'$ n. lat.

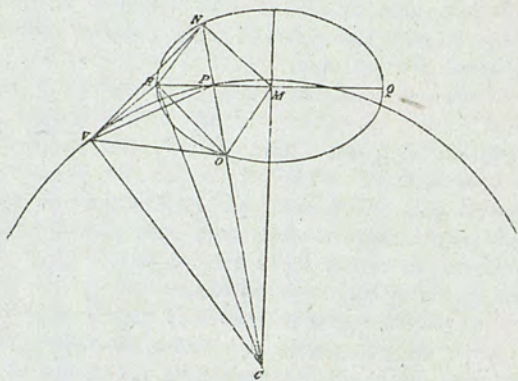


Fig. 20.

och $93^{\circ} 56'$ v. l. från Greenw., hvilket ger ett afstånd från Vegas vinterhamn af $25\frac{1}{2}^{\circ}$ med en azimuth af $N 41^{\circ} O$. Den magnetiska meridianen bildar vid Vegas vinterhamn en vinkel af $N 20^{\circ} O$ med den geografiska.

Ur observationerna framgår, att ljusbågens höjdpunkt nästan alltid ligger mellan N t O och NO t N. De tillförlitligaste norrskens-iakttagelser jag haft att tillgå, visa sålunda med bestämdhet, att medelpunkten för de oftast förekommande norrskensbågarne icke är att söka vid det ställe, der man vanligen antager, att den magnetiska polen är belägen, utan vid en närmare nordpolen belägen punkt, för hvilken jag tills vidare antagit läget 81° n. lat. och 80° v. long. från Greenw. Till undvikande af förvexling skall jag framdeles beteckna denna punkt med namnet *Norrskenspolen*.

Utgående från dessa antaganden, uppställer N. formler för be-

räkning såväl af ljuskransens höjd öfver jordytan som dess genomskärningslinie.

Uti fig. 19 betyder V orten, hvarest Vega öfvervintrade, mynningen af Koljuschkinbay ($67^{\circ} 4' 49''$ nordl. lat., $186^{\circ} 36' 58''$ ostl. long. till Greenw.); C jordens medelpunkt, H ljuskretsens höjdpunkt, N och O dess ändpunkter vid synranden, sedda från V, M ljuskransens medelpunkt;

antages vidare:

r = jordradien, l = ljuskransens radie, m = afståndet från dess medelpunkt till jordens; h = verkliga höjden öfver jordytan, således $HC = r + h$, μ = vinkeln mellan observationsortens horisont, NVO och ljuskransens plan, eller mellan normalerna till dessa plan = $VCM = VPH$. $\alpha = VCH$ = vinkel, mätt vid jordens medelpunkt, mellan observationsstället och fallpunkten af H mot jordytan.

γ = HVP ljusbågens skenbara höjd, sedd från V.

β = ljusbågens halfva utsträckning utmed synranden sedd från V = NVP .

δ = NMH = halfva vinkellängden af den del af ljusbågen, som är synlig från V.

Vinklarna γ och 2β uppmättes direkte och μ framgår ur hypotesen om ljuskransens läge till jordytan.

De quantiteter, hvilka äro af intresse att bestämma, nemligen h , l etc., fordra nu kännedom om α och δ .

Den senare δ fås, om $NMQ = \omega$

$$\operatorname{Tg} \frac{\omega}{2} = \operatorname{Tg} \frac{180^{\circ} - \delta}{2} = \operatorname{Cotg} \frac{\delta}{2} = \operatorname{Tg} \angle NHM = \frac{NP}{HP}$$

$$\text{eller } \operatorname{Tg} \frac{\delta}{2} = \frac{HP}{NP} = \frac{VP \operatorname{Sin} \gamma}{\frac{\operatorname{Sin}(\gamma + \mu)}{VP \operatorname{Tg} \beta}} = \operatorname{Cotg} \beta \frac{\operatorname{Sin} \gamma}{\operatorname{Sin}(\gamma + \mu)}$$

$$\frac{NM}{r + h} = \operatorname{Sin}(\mu - \alpha).$$

Då N, H och O ligga på samma cirkelomkrets, så har man

$$\overline{NP}^2 = \overline{HP} (2 \overline{NM} - \overline{HP})$$

$$\overline{NM} = \frac{\overline{NH}^2}{2 \overline{HP}} = \frac{2 \overline{NM}^2 \operatorname{Sin}^2 \frac{\delta}{2}}{\overline{HP}}$$

$$1 = 2 \overline{NM} \operatorname{Sin}^2 \frac{\delta}{2} = \frac{2(r + h) \operatorname{Sin}(\mu - \alpha) \operatorname{Sin}^2 \frac{\delta}{2}}{\overline{HP}}$$

$$\frac{\overline{HP}}{\overline{HP}} = \frac{\operatorname{Sin} \gamma}{\operatorname{Sin} \mu} \frac{\overline{VH}}{r + h} = \frac{\operatorname{Sin} \alpha}{\operatorname{Cos} \gamma}$$

Genom insättning och utveckling erhålles

$$\text{Cotg } \alpha = \text{Cotg } \mu + \frac{\text{Tg } \gamma}{2 \text{Sin}^2 \delta \text{Sin}^2 \mu}$$

De sökta kvantiteterna fås nu

$$\begin{aligned} r + h &= r \frac{\text{Cos } \gamma}{\text{Cos } (\gamma + \alpha)} \\ l &= (r + h) \text{Sin } (\mu - \alpha) \\ m &= (r + h) \text{Cos } (\mu - \alpha) \end{aligned}$$

Dessa formler äro oanvändbara för $\gamma = 90^\circ$
Man har då $\alpha = 0$ och

$$h = \overline{\text{HP}} \text{Sin } \mu = \frac{\overline{\text{NP}}^2}{2 \text{NM} - \text{HP}} \text{Sin } \mu = \frac{\overline{\text{VP}}^2 \text{Tg}^2 \beta \text{Sin } \mu}{2 (r + h) \text{Sin } \mu - \overline{\text{VP}} \text{Cos } \mu}$$

$$\overline{\text{HP}} = \frac{\overline{\text{VP}}}{\text{Cos } \mu} = \frac{h \text{Cotg } \mu}{\text{Cos } \mu}$$

Genom användning af de anförda värdena erhålles

$$h = \frac{2 r \text{Sin}^2 \mu}{1 + \text{Cos}^2 \mu \text{Tg}^2 \beta - 2 \text{Sin}^2 \mu}$$

och

$$\begin{aligned} r + h &= r \frac{1 + \text{Cos}^2 \mu \text{Tg}^2 \beta}{1 + \text{Cos}^2 \mu \text{Tg}^2 \beta - 2 \text{Sin}^2 \mu} \\ l &= (r + h) \text{Sin } \mu \\ m &= (r + h) \text{Cos } \mu \end{aligned}$$

Af de bästa observationer erhålles

γ	β^*	β^*	h
5°	35°	32°	0,033 jordradie
10°	$46^{\circ}\frac{1}{2}$	45°	0,030 »
15°	55°	$53^{\circ}\frac{1}{2}$	0,028 »
30°	63°	62°	0,033 »
145°	85°	85°	0,034 »

Medelvärdet af h är = 0,03 jordradier = 191 kilometer, om medelvärdet af jordradien = 6367,789 kilometer. Vid beräkningen har μ antagits = 25° och bågens höjdpunkt i N $22^{\circ}\frac{1}{2}$ O eller S $22^{\circ}\frac{1}{2}$ W.

* β^* = den vanliga bågens skenbara bredd
 β = » » verkliga bredd sedan korrektion för refraktionen blifvit anbringad.

I sammanhang med dessa formler må här anföras den af norrmanen Hansteen använda. Denna förutsätter mätningar från två orter, belägna på ungefär samma meridian. Kallas orterna A och B och den vinkel, som de till A och B dragna jordradier bilda, c, och vinkeln mellan jordradien till B och den jordradie, som drages genom punkten, hvars höjd öfver jordytan skall bestämmas, x, samt α och β de vinklar, som sigtlinierna ifrån A och B till ifrågavarande punkt bilda med horizontalplanen, så erhållas

$$\frac{r + h}{r} = \frac{\text{Cos } \beta}{\text{Cos } (\beta + x)}, \quad \frac{r + h}{r} = \frac{\text{Cos } \alpha}{\text{Cos } (\alpha + c + x)}$$

hvaraf fås

$$\text{Tg } x = \frac{\text{Cos } \alpha - \text{Cos } (\alpha + c)}{\text{Cos } \alpha \text{Tg } \beta - \text{Sin } (\alpha + c)}$$

r är = jordradien och h = sökta höjden.

Med dessa öfverensstämma Prof. H. A. Newtons formler för dylika beräkningar af observationer, enligt samma metod som Norden-skiöld. (Sillim. Journ. of Sc. 2 Ser. Vol. XXIX pag. 286.)

Not. II. (sid. 31)

Emedan dagsljuset, som i Godthaab ($64^\circ 11'$ n. l. och $34^\circ 6'$ vestl. long. från Paris) under sommarmånaderna fortvarar nästan hela dygnet, gör det omöjligt att vid denna årstid iakttaga polarljuset, så uteslutas dessa månader alldeles och till ett år räknas observationerna under aug.—dec. och jan.—maj, d. v. s. de sista månaderna af det föregående året sammanställas med de första af det följande till en årlig period.

Följande tabell är egnad att visa det första viktiga resultatet:

År	α	b	c	W	c'	$c - c'$
1865—66	97	2,4	86,2	23,5	83,0	+ 3,2
66—67	112	2,2	91,3	6,1	89,4	+ 1,9
67—68	65	2,8	67,4	18,3	84,9	- 17,5
68—69	84	2,6	80,9	60,1	69,3	+ 11,6
69—70	45	3,1	51,7	107,0	51,9	- 0,2
70—71	61	2,5	56,5	133,5	42,0	+ 14,5
71—72	32	2,7	32,0	98,6	55,0	- 23,0
72—73	46	2,7	46,0	89,4	58,4	- 12,4
73—74	73	2,9	78,4	51,7	72,5	+ 5,9
74—75	97	2,7	97,0	32,1	79,8	+ 17,2
75—76	95	2,7	95,0	11,6	87,4	+ 7,6
76—77	102	2,7	102,0	13,5	86,7	+ 15,3

Om Polarljuset.

År	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>W</i>	<i>c'</i>	<i>c-c'</i>
1877—78	68	2,9	73,0	6,8	89,2	— 16,2
78—79	100	2,3	85,2	2,2	90,9	— 5,7
79—80	75	3,0	83,3	16,3	85,6	— 2,3
	med. 2,7					± 13,2

Uti tabellen betyda:

a Årliga antalet polarljus i Godthaab.

b Årliga medeltalet för molnbedäckningen.

$c = \frac{b}{2,7} a$ = de tal som uppkomma när hvarje tal i kolumnen *b* divideras med medeltalet af alla tal i samma kolumn (= 2,7) och qvoten multipliceras med motsvarande tal i kolumnen *a*. Hade t. ex. molnbedäckningen året 1865—66 varit 2,7, så skulle man erhållit 86,2 i stället för 97 polarljus.

Talen i kolumnen *W* betyda Wolfs årliga relativtal för solfläckarna. De månatliga talen hafva härvid blifvit behandlade på så sätt, att medeltalet för hvarje år blifvit taget från juni månad ena året till och med maj månad det följande, hvarigenom ett tal uppkommit, som bäst motsvarar de för året observerade norrsknen.

c' Talen i denna kolumn hafva erhållits genom användning af formeln

$$k + hW = c'$$

c-c' utvisar skilnaden för hvarje år mellan talen i kolumnen *c* och de i *c'*.

Det i texten anförda resultatet bekräftas genom jämförelse med observationer från följande orter:

1:o Jacobshavn på Grönland (69° 13' n. lat., 53° 15' w. long. från Paris); från jan. 1840 till april 1851, utförda af Rudolph och senare 1873—80.

2:o Godthaab från sept. 1841 till april 1846, utförda af Bloch.

3:o Upernivik på Grönland (72° 47' n. lat. under de 5 vintrarne 1874—75, 1879—80.

4:o Iviktut på Grönland (61° 12' n. lat., 50° 31' w. long. från Paris), 5 vintrar 1875—76, 1879—80.

Sulkertoppen på Grönland (65° 6' n. lat., 55° 14' w. long. från Paris), 4 vintrar, 1875—76 till 1879—80.

Af dessa gifva de längre serierna från Jacobshavn och Iviktut resultat, som i allo bekräfta resultaten från Godthaab. De öfriga serierna lemna i allmänhet bekräftande bidrag i sådan mån man af så korta observations-serier kan begära. Alla dessa serier äro hemtade från Grönland; en ganska lång serie (från 1846—47 till 1872—73) förefinnes från Stykkisholm på Island (65° 5' n. lat., 25° 6' w. long. från Paris). Oaktadt variationerna i polarljusens årliga antal här äro mycket mindre, så framgår dock alldeles tydligt, att de i afseende å solfläckarne följa samma lag som i Godthaab.

Emedan observationerna äro utförda såväl om afton som om morgon, anser T. nödigt att särskilja de förra ifrån de senare och

undersöka de sålunda uppkomna serierna särskildt. — Det visar sig att aftonobservationerna gifva samma resultat som alla observationerna tillsammans; till och med något bättre, i det att den ofvan omtalade skilnaden *c-c'* blifver något mindre ($\pm 11,7$), hvaremot morgonobservationerna, hvilkas antal i allmänhet äro mindre, afvika något mer, såsom T. förmodar, endast af det skäl, att observationstimmen blifvit ändrad.

Not. IV. (Sid. 32.)

De ofvan nämnda serierna från Upernivik, Jacobshavn och Iviktut ådagalägga detta faktum på det tydligaste. Uti Iviktut, den sydligaste stationen, framträder det årliga maximum i januari jemte ett sekundärt dylikt vid höstdagjemningen. I Jacobshavn, 8° nordligare, visar sig ett maximum temligen tydligt i januari och i Upernivik, 3½° nordligare, framträder det samma med en tydlighet som ingenstädes blifvit observerad.

Uti serien från Stykkisholm visar sig samma resultat.

Särskiljas afton- och morgonobservationerna, så visar sig att, under det vid aftonobservationerna antalet polarljus, hvilka visat sig i söder och i zenith äro ungefärligen lika, vid morgonobservationerna polarljusen i zenith betydligt öfverväga dem i söder.

Ur detta förhållande framgår tydligt, att maximal-zonen äfven förflyttar sig under 24 timmar från söder mot norr.

I sjelfva verket visar sig den timme på dygnet, vid hvilken polarljusen starkast framträda, blifva senare, ju högre orten är belägen mot Norden: Tydligast framgår detta ur observationer från Nordamerika:

Kendal	Québec	Fort Simpson	Fort Chipwyan	Lake Athabasca	Point Borrow
9 ^h 30 ^m	9 ^h 45 ^m	12 ^h 0 ^m	12 ^h 15 ^m	12 ^h 45 ^m	13 ^h 30 ^m
					(1 ^h 30 ^m)

men äfven från Europa visar sig bekräftelsen härpå från några stationer.

Not. V. (Sid. 44.)

Stor betydelse bör fästas vid bestämningar af polarljusets höjd öfver jordytan. Öfverdrifna höjdbestämningar hafva gifvit anledning till uppställandet af de kosmiska teorierna för polarljuset.

Vi skola närmare undersöka huru denna lysande rymd visar sig för åskådaren.

Om i fig. 21 *w* betyder observationsorten, *ss'* den lysande rymdens främre rand, *pp'* dess borte rand, *oo'* dess genomskärning, så antaga vi $wo = a = 120^{\text{km}}$, $oo' = 120^{\text{km}}$ och höjden *h* öfver jordytan 22^{km} .

Polarljusbältets eller maximal-zonens krökningsradie r antaga vi

$$r = 15 a = 1800^{\text{km}}$$

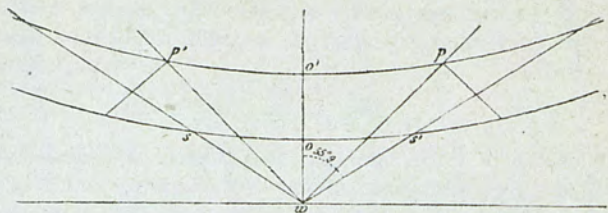


Fig. 21.

Ljusbågen projicieras på himmelen i den riktning, hvarest högsta ljusintensiteten uppträder; detta sker åter der sigtlinien går längsta vägen genom ljuslagret. Antages detta hafva en vertikal genomskärning af 20^{km} , så blifver sigtlinien i det närmaste diagonal i ljusrymdens genomskärnings-area (= parallelogrammen).

Horizontalplanet afskär en del af höjden h'

$$h' = R \left(\frac{1}{\cos \alpha} - 1 \right)$$

om R betyder jordradien och α den vinkel, som jordradien till w bildar med den till o . En grad på jordytan är i det närmaste 111^{km} och sålunda är $\alpha = 1^{\circ}, 1$, hvaraf $h' = 1,5^{\text{km}}$ *.

Häraf fås

$$\sin \gamma = \frac{22 - 1,5}{120} = 0,17 \text{ och } \gamma = 10^{\circ}$$

Bågen har således en höjd af 10° öfver horisonten. På ett afstånd x af omkring 530 kilometer, försvinner ljusrymden under horisonten på begge sidor. Ur formeln

$$r^2 = (r + 2a)^2 + x^2 - 2(r + 2a)x \cos V$$

erhålles den vinkel V , som sigtlinien då bildar med wo

$$V = 56^{\circ}, 2$$

*) Vid approx. kalkyler har man då $R = 6367,5^{\text{km}}$

för $\alpha = 1^{\circ}$	2°	3°	4°	5°	6°
$h' = 1,3$	3,8	9,0	15,8	25,0	$32,2^{\text{km}}$

Interpolation för mellanliggande vinklar gifver för vårt ändamål tillr. noggranna värden.

Emedan ljusrymden måste stiga 1° à 2° ofvanom horizontalplanet för att blifva tillräckligt märkbar, så kommer bågens fot att ligga inom sigtlinierna

$$V = 56^{\circ}, 2 \text{ och } V = 45^{\circ}$$

ty vid den senare har bågen ännu ej stigit högre än $1^{\circ} 40'$ öfver horisonten. Det är ock tydligt att intensiteten, till följd af den minskade absorptionen, bör visa sig starkast närmare intill $V = 45^{\circ}$, så att en mätning af bågens utsträckning mycket väl kan gifva 90° eller samma tal som N . oftast erhållit.

Ljusets intensitet är temligen jemn uti hela bågen.

Tänka vi oss en kon, med spetsen uti orten w och antaga att den i afståndet ett har en bas, hvars yta är ett , så hafva vi, om basens radie kallas δ

$$\pi \delta^2 = 1; \delta = \frac{1}{\sqrt{\pi}}$$

På afståndet a hafva vi således radien

$$\delta_a = \frac{a}{\sqrt{\pi}}$$

Denna kon träffar ljusrymden, och afskär en lysande stympad kon, hvars ljusintensitet i , i riktningen ow är

$$i = k \int \frac{\pi \delta_a^2 dx}{(a+x)^2}; \delta_a = \frac{a+x}{\sqrt{\pi}}$$

hvaraf fås

$$i = k \int_a^{a+b} \frac{a+x}{\sqrt{\pi}} dx = k' b$$

då b betyder längden af den stympade konens axel och x en del deraf, hvilken som helst, samt k' en konstant.

Ljusintensiteten är således proportionel mot b uti riktningen wo ; uti en riktning som med wo bildar vinkeln V hafva vi tydligen intensiteten i_v

$$i_v = \frac{k' b}{\cos v}$$

Deraf synes, att ljusintensiteten skulle ökas om ej absorption inträffade.

Kallar man f den del af ljusintensiteten i , som absorberas af ett luftlager, hvars tjocklek är ett , så absorberar ett lager af tjockleken a en quantitet

$$= a f i$$

och ett lager af tjockleken $= \frac{a}{\cos v}$, en quantitet

$$= \frac{a f i}{\cos v}$$

Fullständiga uttrycket för intensiteten i riktningen v blirver således

$$i_v = \frac{k'b}{\cos v} - \frac{afk'b}{\cos^2 v}$$

Häraf synes, att en kompensation inträffar om absorptionen antages så stor, att den utjemnar tillökningen af ljus i denna riktning.

Tillämpas föregående resultat på Nordenskiölds observationer i Behrings sund, synes att den af N. så kallade vanliga bågen, med en utsträckning af 90° och en höjd af 10° , åstadkommes af en lysande rymd af ungefärligen de dimensioner och på det afstånd vi ofvan antagit.

Vi skola ännu anföra följande exempel:

Antages $wo = 600^{\text{km}}$ och $oo' = 120^{\text{km}}$, så blirver $h = 137,7^{\text{km}}$ om γ eller vinkelhöjden öfver jordytan varit 10° , men då skulle β varit endast omkring 37° eller bågens utsträckning $= 74^\circ$, hvilket bevisar, att den lysande rymden låg betydligt närmare och betydligt lägre ned, än det tal, som ofvan erhållits.

Se vi efter den orsak, som åstadkommer denna egendomlighet, så finna vi att den *hufvudsakligen* beror af storleken af β , eller polarljusbågens utsträckning.

Enligt formeln

$$\text{Tg } \frac{\delta}{2} = \text{Cotg } \beta \frac{\sin \gamma}{\sin (\mu + \gamma)}$$

bestämmas δ genom β , ty i Nordenskiölds observationer äro γ och μ nästan alltid konstanta, den förra $= 10^\circ$, den senare $= 25^\circ$.

Såsom vi sett, gifva observationerna på en lysande rymd, i det afstånd och i den höjd vi antagit, städse β för liten, emedan denna rymd afskåres i begge ändrar af horisontalplanet; ju mindre åter β erhålles, desto större blirver δ och genom δ bestämmas a eller afståndet till ljuskranens fallpunkt, uppmätt i grader på jordytan. Skrifves formeln för a på följande sätt

$$\text{Cotg } a = \text{Cotg } \mu + \frac{1}{(\sin^2 \delta)} \cdot \frac{\text{Tg } \gamma}{2 \sin^2 \mu}$$

så finnes lätt att storleken af

a bestämmas af $\sin \frac{\delta}{2}$, således af δ , då γ och μ äro konstanta.

På grund af det genom mätningar erhållna värdet på β , har nu δ utfallit för stor, hvarigenom äfven a utfallit för stor.

Jemföras antagandena med hvarandra, så finnas de vara temligen lika.

Våra antaganden:

Nordenskiölds antaganden:

1:o Ljusrymd belägen parallel med maximal-zonen. 1:o Ljuskran i rymden (ofvanom maximal-zonen).

2:o $\delta = \text{konstant} = 14^\circ$ (appr.) 2:o $\delta = \text{föränderlig}$.

$$\text{Tg } \frac{\delta}{2} = \text{Cotg } \beta \frac{\sin \gamma}{\sin (\gamma + \mu)}$$

3:o $\mu = \text{omkr. } 25^\circ$

3:o $\mu = 25^\circ$

$$4:o \text{ Cotg } a = \text{Cotg } \mu + 67,3 \cdot 0,494. \quad 4:o \text{ Cotg } a = \text{Cotg } \mu + \frac{\text{Tg } \gamma}{2 \left(\sin^2 \frac{\delta}{2} \sin^2 \mu \right)}$$

$$\frac{1}{\sin^2 \delta} = 67,3, \quad \frac{\text{Tg } \gamma}{2 \sin^2 \mu} = 0,494.$$

$$r = 10^\circ \quad \mu = 25^\circ$$

a öfverstiger ej $1^\circ 36',5$

a kan variera från 25° till lägre tal för $\beta = 45^\circ$ $\gamma = 10^\circ$ $\mu = 25^\circ$ erhålles $\delta = 32^\circ 41',2$
 $a = 6^\circ 51'$

Emedan bågens höjd bestämes genom a , enligt formeln:

$$h = r \left[\frac{\cos \gamma}{\cos (\gamma + a)} - 1 \right]$$

hvarest r betyder jordradien, så är tydligt, att äfven en liten ökning af a åstadkommer en betydlig förökning af h .

$$\begin{array}{lll} \text{För } \gamma = 10^\circ & a = 2^\circ & a = 3^\circ \\ \text{fås} & h = 43,3^{\text{km}} & = 68,1^{\text{km}} \end{array}$$

eller en tillväxt af 25^{km} för en grads förökning af a .

Äfven om den af oss antagna ljusrymden ej skulle kröka sig utefter maximal-zonen, så skulle förhållandena likväl blifva ungefär desamma.

De antaganden, hvilka vi gjort angående observationsortens afstånd från ljusrymden och den senares höjd öfver jordytan, kunna varieras på flere sätt, utan att γ och β förändra värden.

Ur ofvanstående framställning framgår att tillvaron af en gloria, belägen på 190 kilometers höjd öfver jordytan och med en diameter af 0,32 jordradier, ingalunda kan anses bevisad, ehuru vi gerna medgifva, att de omständigheter, hvarunder »den vanliga bågen» uppträdde vid Vegas vinterhamn, voro särdeles egnade att gifva anledning till den beräkning Nordenskiöld med talang utfört.

Då 1:o de fenomen Nordenskiöld observerat kunna framträda genom tillvaron af en ljusrymd under de omständigheter vi ofvan anförde, och då 2:o inga mätningar, hvarken från polartrakterna, ej heller

andra trakter af jorden, äro så säkra, att de berättiga till den slutsats, att norrskensfenomenet skulle försiggå på en sådan höjd; och då 3:o atmosfärens fysiska beskaffenhet är sådan, att dylika företeelser uppträda företrädesvis på en höjd mellan 30 till 70 kilometer, så *veka* vi ej att uttala den öfvertygelse, att observationerna från Vegas vinterhamn hänföra sig till en dylik ljusrymd på varierande afstånd och med en höjd öfver jordytan inom nämnda gränser.

Att Nordenskiölds beräkningar ledt till den slutsats, att glorian skulle vara belägen ofvanom maximal-zonen, härleder sig deraf, att *ljusrymden* varit i det närmaste parallel med denna zon, samt att Vegas vinterhamn var belägen nära intill den samma. Dess gränser äro ej så noga bestämda, att man med säkerhet skulle kunna uppgifva, huru långt aflägsen denna zons södra rand var ifrån hamnen, men om vi antaga 200—400 kilometer, så torde vi ej komma alldeles långt från sanningen och under dessa förhållanden har bågen en utsträckning af ungefär 90° vid en höjd af 10°.

Att den »vanliga bågen» under mars månad försvann, när den rymd, uti hvilken Nordenskiölds kalkyler gifva glorian läge, träffades af solens strålar, är en omständighet, som ej kan tillmätas alltför stor betydelse. Ett ljus, ehuru mycket svagt, utbreder sig redan då uti hela atmosfären under den belysta orten, till följd af dispersionen, och detta ljus kan mycket väl hafva varit tillräckligt att fördunkla den svaga ljusrymden.

Att fenomenet under större delen af observationstiden visade en så öfverraskande regelbundenhet, beror närmast på Vegas läge i närheten af maximal-zonen, äfvensom att vinterhamnen i N och NE var omgifven af ett isbetäckt haf. Det måste nemligen anses afgjort, att jordytans beskaffenhet utöfvar ett stort inflytande på polarljusets utseende och en jemn yta bidrager att öka regelbundenheten i dess uppträdande.

Not. VI. (Sid. 39.)

Poulsen berättar vidare, att han vid några tillfällen iakttagit sjelflysande dimmor, dels omkring fjellen, dels i närheten af dem.

»Den 21 aug. 1882, 1^h 45^m f. m., iakttog man i N. E. ett grönt ljus med ren glans, bakom topparne af de närmaste höjderna i denna riktning; detta ljus var ganska lågt, ty toppen af »Sadeln» (ett berg omkring 1200 meter högt) syntes tydligt ofvanför den lysande ytan, som på ett förvillande sätt liknade en vattenmantel, upplyst af månen.

Fenomenet upplöste sig plötsligt på denna punkt, under det att en flamma bibehöll sig i molnen i NW något längre. Klockan 2^h 45^m visade sig i söder en flamma, som fullkomligt liknade ett börjande dagsljus. Det sammandrog sig snart till ett svagt lysande, något

förlängdt moln, som långsamt skred fram under »Hjortetacken» *) och »stora Malena» **), hvars spetsar noga aftecknade sig ofvanför det lysande molnet. Det visade stundom, såsom man tydligen kunde se, små fläckar af en högre glans, isynnerhet då molnet passerade toppen af en kulle. Vid 3^h 4^m hade molnet nått den främre sluttningen af »lilla Malena» ***) och nu ökades flamman plötsligt uti intensitet; på samma gång hvälfde sig en dimhvirvel af glänsande hvithet på toppen af en kulle i NE, på hvilken befann sig en mast, som blef tydligt synlig för blotta ögat. När molnet småningom gled bakom kullen, framvisade flamman en alltmer gulaktig färg och inneslöts i en ram af ett färgadt band. Vid 3^h 10^m utkastade lågan 3 röda strålar med svag glans, hvilka blott föga höjde sig på himmeln, hvarefter företeelsen försvann. Den 14 nov. observerades ett liknande fenomen.»

Not. VII. (Sid. 45.)

Edlund har anmärkt, att en höjd af flere hundra kilometer vore möjlig, emedan stjernfallen visa oss, att förtunnad luft ännu finnes på en sådan höjd och att denna luft väl skulle kunna göras lysande af en elektrisk ström. Endast framtida säkrare observationer, såväl för stjernfallens som för norrskenens höjd, komma att afgöra denna fråga.

Not. VII. * (Sid. 57.)

Beträffande perturbationerna uttalar Sabbine följande resultat.

a) *Det samtidiga uppträdandet* af de magnetiska störingarne är bekräftadt genom jemförelser mellan observationer från Prag och Breslau i Europa och från Toronto och Philadelphia i Amerika.

Uppträdandet har i allmänhet visat sig tillfälligt, men störingarne äro alla karakteriserade af mer eller mindre tydliga rubbningar i jordmagnetismen, hvilka kunna spåras på de mest aflägsna stationer.

b) Huru regelbundna dessa störingar än må vara, betraktade en och en, så är det dock bevisadt, att de i sina medel-verkningar äro tydligt *periodiska* företeelser. De följa en gång, som beror af den sanna soltiden. Denna lag visar sig i hvar och ett af jordmagnetismens element, om medelvärdet sökes för ett stort antal dagar.

Om deklinations-störingarne delas i ostliga och vestliga, så har man för

	Vestliga störingar.		Ostliga störingar.	
	max.	min.	max.	min.
Kew	7°—14°	20°—22°	23°	6°—16°
Toronto.....	8°	20°—23°	22°	8°—15°
Philadelphia	6°	20°	20°	8°—14°
Nertschinsk	8°—10°	19°—1°	—	—
Peking	9°—11°	23°—2°	—	—

* Två berg i SE och E från stationen på 8 och 12 kilometers afstånd; det förra 900, det senare 1200 meter högt.

** Berg i NE med höjd af 600 meter på ett afstånd af 8 kilometer.

Wijkander erhåller följande resultat:

	Vestliga störingar.		Ostliga störingar.	
	max.	min.	max.	min.
Port Kennedy	23 ^t —24 ^t	5 ^t —20 ^t	9 ^t —14 ^t	20 ^t —4 ^t
Point Barrow	24 ^t	7 ^t —17 ^t	8 ^t	16 ^t
Polhem	19 ^t	3 ^t —11 ^t	6 ^t	18 ^t —20 ^t

Not. VII a. (Sid. 49.)

Enligt Gauss' beräkningar befann sig den magnetiska sydpolen 72° 35' sydl. lat. och 152° 30' ostl. long. I. Gr.

Alla data gälla för de tider, för hvilka de blifvit beräknade. För närvarande intaga dessa poler andra lägen, men då deras betydelse är ganska ringa, så hafva vi ej ansett nödigt beräkna nya lägen.

Not. VII b. (Sid. 52.)

Följande väl kända formel visar sambandet mellan de tre kvantiteterna:

$$I = \frac{H}{\cos i}$$

då I betyder den totala intensiteten, H den horizontala komponenten och i inklinationen.

Not. VIII. (Sid. 62.)

Öfriga arbeten om jordströmmar, så intressanta de ock i vetenskapligt hänseende äro, t. ex. Becquerels, Baumgartens, Hamiltons, Motenuis, Walkers etc., hafva imellertid icke något särskildt intresse för vårt mål.

Not. IX. (Sid. 62.)

Wild anför sina resultat på följande sätt:

1:o »Jordströmmen visar sig på nära 1 kilometer långa linier i allmänhet ej såsom en ström, hvilken för en tid går i en bestämd riktning och hvars styrka långsamt förändrar sig, men under form af vaxelströmmar af större eller mindre styrka, hvilka hastigt förändra riktning.

2:o Den del af strömmen, som visar sig i E—W led, är i allmänhet starkare än i N—S-riktningen. Jordströmmens riktning närmar sig därför hos oss mera till parallel-cirklarna än till meridianerna.

3:o Observationer, utförda på terminsdagar (hvar femte minut), gifva ej till känna en daglig gång hos jordströmmen, hvarken till absolut storlek ej heller till storleken hos variationerna. Men då

man tager medelvärden af 24 terminsdagar, så visar sig tydligt en daglig gång, ehuru den är liten. S—N-strömmen visar ett maximum kl. 4—5 om morgonen och ett minimum kl. 8 om aftonen och E—W-strömmen har ett maximum kl. 8 om morgonen och ett minimum kl. 1 e. m. Storleken af denna vaxling är ringa och uppgår till blott 0,0008 Volt. Denna dagliga variation sammanfaller ej med den regelbundna förändringen hos de magnetiska elementen och deraf följer att jordströmmens dagliga förändring icke kan betraktas såsom orsak till den dagliga variationen i de magnetiska elementen.

4:o Så snart jordströmmen i de begge linierna tilltager i styrka, börjar ock de magnetiska instrumenten afvika från deras reguliera gång, och dessa störingar ökas i allmänhet med jordströmmens styrka, utan att en sträng proportionalitet dock hvarje gång skulle förefinnas imellan de begge företeelserna. Den 15 november 1882 visade sig jordströmmarne mycket starka i de begge linierna och likaså 1 mars 1883 och likväl voro de magnetiska instrumentens gång den förra dagen mycket mera oregelbunden än den senare.

5:o Om man jemför, såsom Airy redan gjort med likartade observationer i Greenwich, strömmen i S—N-linien med deklinationens variationer och strömmen i E—W-linien med horizontalintensiteten, så finner man ofta, i synnerhet vid långsamma variationer, en fullständig likhet imellan dessa båda slag af störingar, men jordströmmens förändringar föregå jordmagnetismens, minst 5 minuter, så att strömmen synes vara den primära orsaken till den senare. Också äro de magnetiska instrumentens rörelser alltid sådana som elektromagnetiska grundlagen fordrar, om strömmen har en direkt verkan på magneterna. Om t. ex. en positiv ström går från norr till söder uti S—N-linien, så tilltager den verkliga deklinationen på samma gång och om en positiv ström går i E—W-linien från öster till vester, så förstärkes jordmagnetismen, (d. v. s. bifilarens nordpol afviker åt norr).

Den fördröjning som de magnetiska instrumentens afvikelser visa i jemförelse med galvanometerens, förklaras genom det antagande att jordströmmen, som verkar direkt på galvanometrarnes magneter, endast utöfvar verkan på de magnetiska variations-instrumenten genom att magnetisera större eller mindre jordlager, hvilket erfordrar en viss tid.

Denna fördröjning tjenar ock att förklara bristen af sträng proportionalitet mellan jordströmmens och de magnetiska elementens variationer. Man märker att proportionaliteten saknas, i synnerhet när strömmens variationer äro talrika och omvexlande och att den blifver mera fullständig de dagar när störingarne ej äro häftiga. Det inses lätt att i första fallet de flygtiga och i motsatt led gående

strömmarne måste delvis upphäva hvarandra uti sin magnetiserande verkan på jorden, så att variationerna hos de magnetiska elementen blifva mindre. De ofvan nämnda observationerna den 15 nov. 1882 och 1 mars 1883, jemförda med magnetografens inregistrerade kroklinier, tjena att stöda denna förklaring.

De kroklinier, som äro inregistrerade den 1 mars, utvisa, genom de uppdragna liniernas jemnhet, en jemförelsevis lugn gång hos magneterna, ehuru de långsamma störingarna hafva varit ganska stora och de kroklinier, som äro dragna på grund af galvanometer-afläsningarna, i följd deraf äro mindre behäftade med afvikelser och S—N-strömmens kroklinie likformig med Unifilarens (deklinationens) och E—W-strömmens med Bifilarens (intensitetens). Derimot visa de begge slagen af kroklinier den 15 november föga öfverensstämmelse, och ehuru de begge strömmarnes variationer äro stora och hastiga, så visa icke magnetografens inregistrerade kroklinier, likasom de direkta observationerna af magnetiska instrumenter, några stora störingar; men vid en närmare undersökning af de inregistrerade kroklinierna finner man mycket väl spår af en ständig oscillation hos magneterna inom tränga gränser.

Vi kunna således draga den slutsats, att jordströmmarna äro den primära orsaken till de magnetiska stormarne, men icke till de periodiska variationerna i de magnetiska elementen.

E. Blaviers (25) forskningar äro af mycket stort intresse, isynnerhet hvad beträffar undersökningar på linier af olika längd. Säkra resultat erhållas alltid, om linierna äro långa eller korta, angående jordströmmarnes *variationer*, om man blott iakttager vissa försigtighetsmått. Resultaten utvisa också att beskaffenheten och formen af jordytan mellan liniernas ändpunkter utöfvar intet märkbart inflytande på variationerna.

Det synes ock vara likgiltigt om linierna äro belägna i luften eller i jorden. Gränserna för vår afhandling förbjuda oss att ingå i närmare detaljer af Blaviers undersökning. Vi skulle dock hafva önskat, att de registrerade kroklinierna tillät oss draga slutsatser angående den af Airy upptäckta *fördröjning* af de magnetiska variationerna, d. v. s. att jordströmmens förändringar oftast föregå de magnetiska variationerna, hvilket blifvit bekräftadt af Wild. Samma faktum synes ock bekräftadt af den finska polarstationens undersökningar i Lappland.

En undersökning af Blaviers kroklinier visar att denna fördröjning i sjelfva verket inträffat i flera fall.

Jemföras variationerna i linien Paris—Dijon med deklinationsförändringarne från Parc S:t Maur för den 5 och 6 november synes en stark störing mellan 6^h och 9^h e. m. Jordströmmen visar, såsom nästan alltid, variationer i motsatta riktningar. Den positiva strömmen

har dock varit mycket intensivare, såsom kroklinien utvisar. Deklinationens-kurvan visar ock en variation, men den har inträffat senare.

Den 1—2 november förekomma mellan midnatt och 3^h två starka variationer i negativ led; dessa föregå också förändringen i deklination. Samma är förhållandet den 12 och 13 nov. kl. 6^h til 9^h.

Man måste tänka sig att jordströmmen verkar först magnetiserande på jorden och denna sedan på de magnetiska instrumenten; sålunda blifva afvikelserna i enlighet med den elektromagnetiska lagen.

I allmänhet visar sig fördröjningen uti kroklinierna för deklinationen, men man ser den ej lika tydligt vid horisontal-intensiteten, emedan kroklinierna här ej hafva tillräcklig utsträckning för att väl kunna framställa detta. I alla händelser fordras, för att fördröjningen skall framträda, att störingarna skola vara långsamma, ty strömmar, som följa hastigt på hvarandra i motsatt led, kunna ej, såsom Wild framhållit, utöfva någon större verkan.

Not. X. (Sid. 64.)

Denna teori är så väl känd, att vi inskränka oss att citera följande författare, hvilka gifvit en fullständig framställning deraf:

Gauss Allgemeine Theori des Erdmagnetismus. (Gauss' Sämmtliche Werke.)

Erman und Petersen l. c.

Airy G. B. »On the magnetismus».

Verdet: Oeuvres IV 2 partie p. 578.

Erman och Petersen hafva ånyo upptagit Gauss' arbete, med vidsträcktare observations-materiel och för närvarande kan man säga att de jordmagnetiska fenomenen på jordytan kunna bestämmas med en säkerhet, som täflar med flertalet astronomiska bestämningar.

Not. XI. (Sid. 69.)

Gauss fann för jordens magnetiska hufvudmoment 853,800 quadrillioner enheter. Jemföres detta med det magnetiska momentet hos en stålstång, vägande 0,5 kilogr., så finner man att 8 sådana stänger borde finnas i hvarje kubikmeter af jorden, för att ett moment af den uppgifna storleken skall uppstå.

Not. XII. *

Uti vidfogade tabell upptaga vi en öfersigt af polarljusets spektral-analys, utförd på skilda tider, utmärkande med en asterisque de bestämningar, hvilka vi anse såsom de tillförlitligaste. Man ser af tabellen att 12 linier i allmänhet kunna ses i polarljuset.

Förteckningen innehåller dessutom de spektral-linier, hvilka finnas i förtunnad luft, antingen med *norrskensapparaten* (beskrifves längre fram) eller på vanligt sätt i geisslerska rör, hvilket tillåter oss jemföra dessa linier med polarljusets.

Observator.	N:o	Ljusväglängder i norrskenets spektrum.	Intensitet efter Herschel.
Smyth.....		(6350	
Barker.....	1	6300—6230	0—4—8
Vogel.....		6297	
Zöllner.....		6279	
Backhouse.....		6060	
Clarke. A.....		5690	
Backhouse.....		5600—5570	
Barker.....	2	5620—5550	25
Wijkander och Parent.....		5572—5571	
Lemström.....		5569	
Ångström.....		5567	
Vogel.....		5571	
Vogel.....		5390	
Wijkander.....	3	5359	
Barker.....		5330	
Clarke. A.....		5320	
Wijkander.....		5289—5239	0—2—6
Lemström.....	4	5275—5235	
Vogel.....		5233—5189	
Ångström.....		5210	
Winlock.....	5	5200	
Backhouse.....		5180—5165	
Barker.....		5170	
Barker.....		5020—4990	
Backhouse.....	6	5015—4980	0—2—8
Ångström.....		5010	
Vogel.....		5004	
Wijkander.....	7	4996	
Lemström.....		4991—4958	
Barker.....		4930—4820	
Ångström.....		4870	
Wijkander.....	8	4876	0—4
Clarke.....		4850	
Barker.....		4740—4670	
Ångström.....		4720	
Lemström.....	9	4713—4686	3—6
Vogel.....		4694—4629	
Wijkander.....		4692	
Backhouse och Winlock.....		4640—4625	
Wijkander.....		4366	
Clarke. A.....	10	4350	0—6
Backhouse.....		4320—4305	
Barker och Winlock.....		4310	
Wijkander.....		4280	
Lemström.....	11	4274—4256	
Rowland.....		4250	
v. Oettingen.....		4240	
Lemström.....	12	4112	

De med * betecknade, i kolumnen "från norrskensapparaten" upptagne med ett starkare förstörande spektroskop.

Sol- spektrum.	Luftspektrum					
	från norr- skensappar.	efter Vo- gel. (27)	Inten- sitet.	efter Sundell.	Inten- sitet.	
mell. Co. D						
				6150	0—1	
				6090	0—1	
D och E				6058	1	
				5904	1	
				(5785)	4	(dubbel Hg)
	5580			5691	2	
	5595 *			5600	2	
				5475	10	(Hg)
	5426			5403	1	bredt band
	5455 *			5352	1	
		5320	5			band
	5299 *			5272	1	
				5189	5	
nära E		5200	4			band
	5198 *	5184	5			
	5126					
	5029 *					
mellan E och F		5003	1	5074	4	bredt band
				4978	1	band
nära F	4913 *	4941	4	4917	2	"
	4826 *					
	4811 *			4824	3	
mellan F och G	4717			4749		bredt band
	4664 *	4698	2	4669	3	
	4572 *	4675	4			
	4576	4661	4			
nära G	4488 *	4368	3	4586		Hg
	4345	4351	4	4503	2	
	4341 *			(4359)	7	
	4274	4230	2	4274	2	band
	4269 *					
	4205			4192	1	bredt band
	4199 *					
nära h	4051	4123	3	4065	1	bredt band
	4060 *					
	3993			4000		
	3892					

bestämningar, äro utförda af Biese efter samma metod, men vid -10° och

Öfverensstämmelsen mellan skilda observatörer är ej fullkomlig, hvilket härrör af flere orsaker, såsom, att ljuset är svagt, af kort varaktighet, ofullkomligheter i instrumenten, olikhet i metoderna för bestämmandet m. m. De ljusstarkaste linierna äro 2, 5, 7, 9 och 11 och förekomma nästan alltid; linien 1 har ej hittills kunnat med visshet iakttagas i polartrakterna, oaktadt blodröda polarljus der ingalunda äro sällsynta. Linien 12 har endast en gång blifvit observerad i Lappland, under mycket ogynnsamma omständigheter, så att bestämningen af våglängden lider af osäkerhet. Likväl skola vi framdeles se, att den verkliga borde förekomma i polarljuset, ehuru tudelad.

R. Caprons arbete, »Aurorae and their spektra», är ett af de mest omfattande i denna del af vetenskapen, och läsaren finner der många intressanta uppgifter om polarljuset.

Sundell konstruerade först en luftpump med qvicksilfver och svafvelsyra, genom hvilken han kunnat föra förtunnningen till ganska hög grad och med sålunda preparerade tuber studerade han luftens spektrum. Oaktadt han anser sina bestämningar tills vidare som preliminära, så har han likväl låtit mig offentliggöra dem. Ljuset i rören frambragtes genom influense, uppkommen sålunda att två tennfolio-ringar, på yttre sidan af rörets ändar, laddades och urladdades.

Not. XIII. (Sid. 88.)

Luftelektriciteten, bestämd till kvantitet eller tension, visar i sin dagliga gång 2:ne maxima och 2:ne minima;

Vinter	Sommar	Vinter	Sommar
1:sta min. kl. 4 f. m.	»	1:sta max. kl. 10 f. m.	kl. 8 f. m.
2:dra maxim. kl. 1 e. m.	kl. 3 e. m.	2:dra » kl. 6 e. m.	kl. 9 e. m.

Det andra minimum är mycket mindre utpregladt än det första. Under loppet af året uppnår den atmosfäriska elektriciteten sitt maximum under vintern eller i januari månad och sitt minimum i juni. Maximum är omkring 13 gånger större än minimum. För resten är att märka, att stora och hastiga förändringar ofta visa sig uti luftens elektriska tillstånd, hvarför frågan om den årliga periodiciteten ingalunda ännu är fullständigt afgjord.

De resultat, hvilka de internationella polarexpeditionernas arbeten skola gifva, blifva sannolikt afgörande.

De danska observationerna äro redan kända uti sina hufvuddrag; Poulsen redogör för dem på följande sätt:

»De meteorologiska förhållandena i Godthaab äro i allmänhet så ogynnsamma, att de ofta förekommande dimmorna under sommaren och öfverflödet af moln under hela året icke tillåta att framvisa det regelbundna förloppet af en daglig period.

Derimot har man kunnat konstatera, allt sedan observationernas början i medlet af januari en mycket stor skilnad mellan luftens elektriska tillstånd om vintern och om sommaren.

Sålunda hafva observationerna med elektrometern under de timmar då himmelens molnbedäckning varit under 5 (max. 10), gifvit i medeltal

för februari en afvikning af 135 skaldelar	
» mars	» 52
» april	» 50
» maj	» 6,5
» juni	» 3,8
» juli	» (instrum. rubbadt)
» augusti	» 1,1.

Den finska polar-expeditionens observationer från Lappland gifva resultat, som nära öfverensstämma med den danska.

Not. XIV. (Sid. 89.)

Den unipolära induktionen.

De hufvudsakliga företeelserna.

För att rätt inse den verkan, som den unipolära induktionen utöfvar på de elektriska företeelserna i atmosfären, är det nödigt att lära känna den förklaring, som af Edlund blifvit gifven öfver detta fenomen.

Denna förklaring är oberoende af de elektriska teorierna, d. v. s. den lämpar sig lika väl, om vi anse de elektriska fenomenen frambringade af ett fluidem (etern) eller af tvenne.

Grundföreteelsen är följande:

Låt *NS* (fig. 21) beteckna en cylindrisk magnet, som kan försättas i en hastig rotationsrörelse omkring sin axel, *f* och *f'* 2:ne metallfjädrar, hvilka lätt trycka mot magneten och genom isolerade ledningstrådar *e* och *e'* stå i förbindelse med en galvanometer *g*; så snart magneten försättes i rotation, framkallas en ström och galvanometerens nål afviker; härvid märkes:

1:o) Att strömmens intensitet beror af magnetens styrka och rotationshastigheten.

2:o) Att nålens afvikelse förändras med rotationsriktningen och med de på magneten glidande fjädrarnes ställning. Orsaken till denna ström kallas *unipolär induktion*.

Om man inställer en messingshylsa *a b c d* omkring magneten på sådant sätt, att man efter behag kan försätta i roterande rörelse hylsan eller magneten eller ock begge tillsammans, så utvisa försöken

på ett afgörande sätt den verkliga orsaken till den unipolära induktionen.

De hufvudsakliga fakta äro följande:

1:o) Om hylsan *ensam* försättes i rotation medsols, under det fjädrarne f och f' glida mot henne, så erhålles en ström gående i den riktning, som pilarne e och e' utvisa. Förändras rotationsriktningen, så förändras äfven strömmens riktning. Resultatet är det samma som om fjädrarne gled mot magneten och denna ensam roterade.

2:o) Om hylsan och magneten rotera tillsamman med fjädrarne på hylsan, så erhålles samma resultat.

3:o) Om magneten roterar ensam, isolerad från hylsan, på hvilken sistnämnda fjädrarne hvila, så erhålles ingen ström. Man

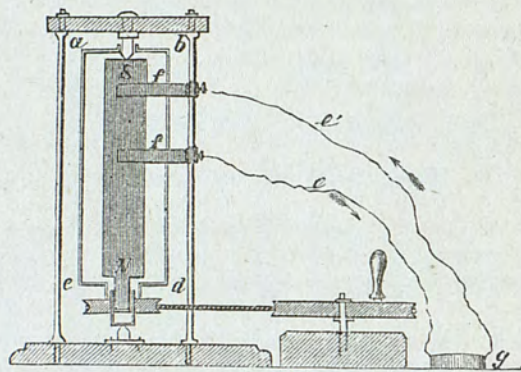


Fig. 22.

inser lätt att det är likgiltigt om magneten är omgifven af en hylsa eller ej; i senare fallet spelar magnetens egen metalliska yta samma rol som hylsan.

Edlunds förklaring.

Man har försökt att förklara detta fenomen genom den i rörelse försatta magnetens induktions-verkan på strömbanan, men då denna förklaring måste anses ogrundad, så gifva vi här Edlunds enkla och sinnrika teori.

Emedan alla kroppar innehålla fri eter (eller de begge elektriska fluida och särskildt det positiva), så komma dessa att släpas med, när kroppen försättes i rörelse. Om en cylindrisk messings-hylsa (eller hvilken metall som helst) försättes i rotation omkring

sin vertikala axel, så uppkommer genom eterns (elektropositiva fluidet) medsläpande ett slags elektrisk ström. Om man tänker sig messingshylsan genom parallela horizontal-planer delad i ett stort antal ringar, så kunna dessa en hvar betraktas som en cirkelformig elektrisk ström.

På dessa strömmar, eller hvilket är detsamma på den roterande hylsan, kunna vi nu direkt tillämpa den kända lagen för den verkan, som en magnetpol utöfvar på ett strömelement. På sådant sätt förklaras lätt alla fenomen, som härröra af den unipolära induktionen och visa sig såsom följer af teorin. Edlund bevisar också att hans teori är i full öfverensstämmelse med den mekaniska värmeteorin.

Man ser också lätt, att det icke är nödvändigt att betrakta etern som bärare af de elektriska fenomenen, ty allt det, som säges om denna kan ock sägas om det positiva fluidet och likaså om det negativa, då man tager dess riktning i betraktande.

Tillämpning af Edlunds teori på jorden.

Vi skola nu, i enlighet med Edlund, tillämpa denna teori på jorden och se till huru den lämpar sig för förklaring af de elektriska fenomenen uti atmosfären.

För att förenkla vår framställning, antaga vi jordens »magnetiska lager» ersatt af en magnet *NS* (fig. 22), ett antagande, som är tillåtet, emedan de magnetiska fenomenen på jorden kunna i allmänhet betraktas såsom verkan af en sådan magnet.

När jorden roterar från vester mot öster, så kan hvarje etermolekyl i atmosfären betraktas såsom utgörande en del af en cirkelformig elektrisk ström, på hvilken jordmagneten utöfvar sin verkan. Jordens magnetiska sydpol, belägen i norr, sträfvar att föra den elektriska eller etermolekylen m' i riktningen mw ; jordens magnetiska nordpol, belägen i söder, sträfvar åter att föra samma molekyl i riktningen $m'g$, i enlighet med kända lagar.

Sammansätts de begge krafterna utefter jordradien, så gifva de en resultant, som drifver molekylen uppåt längs vertikal-linien. Denna kraft är i det allra närmaste konstant uti hvarje punkt af jorden eller atmosfären men den varierar med latituden. Pilarne m' m'' utstående från cirkeln *NOS* (jordytan) framställa denna kraft till storlek och riktning. Den uppnår sitt största värde uti eqvatorns omgifning och minskas i den mån man närmar sig de magnetiska polerna, i hvilkas närhet den är lika med noll.

Sökes kraftens komposant uti horizontal riktning, så finna vi en kraft, som är tangent till meridianen. Den är noll uti eqvatorial-trakterna, men ökas först med latituden, derefter minskas den, utan

att blifva noll i de magnetiska polerna. Detta inträffar både i norr och söder uti 2:ne punkter belägna mellan jordens magnetiska och astronomiska poler.

Uti norra halfklotet drifves positiva fluidet (etern) af denna komposant mot norden, i södra halfklotet mot södern. De små pilarna på vår figur, tangerande meridianen, utvisa kraften till storlek och riktning.

Det finnes alltid en riktning, uti hvilken ifrågavarande krafter gifva en resultant som är lika med noll. Denna riktning sammanfaller med inklinationsnälsens axel på hvarje ort, d. v. s. i denna

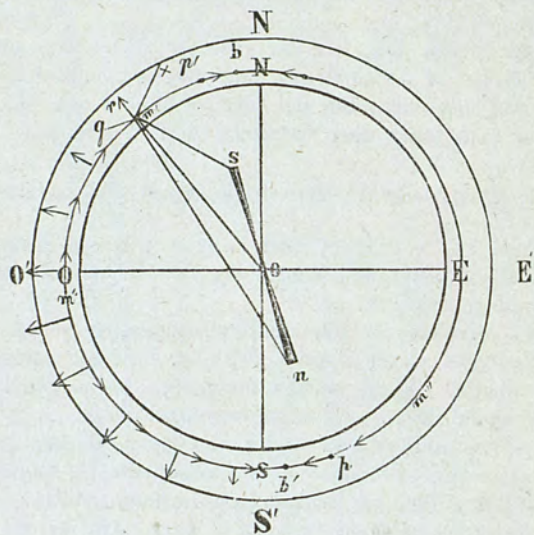


Fig. 23.

riktning finnes ingen kraft, som skulle sträfva att försätta de elektriska eller eter-molekylerna i rörelse. Vi kunna således säga att riktningen af den totala kraften, som verkar på dessa molekyler, är vinkelrät mot inklinationsens riktning, eller mot den totala magnetiska kraften.

De följder, som härleda sig ur den unipolära induktionen föreligga i sjelfva texten.

Not. XV. (Sid. 91.)

Vi skola i en kort resumé framställa de skilda åsigtarna angående källan till luftelektriciteten.

Peltiers åsigt (senare antagen af Lamont) är att luftelektriciteten har sin orsak uti inflytande från den negativt elektriska jor-

den. Orsaken till denna negativa elektricitet skulle väl kunna finnas uti beröringen mellan den afsvalnade jordskorpan och jordklotets inre upphettade delar. Man vet i sjelfva verket, att en elektromotorisk kraft alstras då två skilda kroppar vid olika temperatur sättas i beröring med hvar andra; försöken visa i allmänhet att strömmen går ifrån den kallare till den varmare kroppen. I den mån vi intränga i jordklotets inre, höjes temperaturen; strömmen bör således gå från ytan mot centrum af jordklotet, och på den förstnämnda samlas det negativa fluidet, under det det positiva drifves mot jordens inre.

Saussures åsigt är att källan till luftelektriciteten är att finna uti kondensationen af vattenångor, således det motsatta fenomenet mot det af Pouillet antagna.

Enligt *W. Thomsons åsigt* ligger orsaken till luftelektriciteten uti så kallade konvektionsströmmar ifrån luftlagren nära jorden till högre regioner. (Dessa lägre lager äro ofta starkt elektriska.)

E. Bequerel föreslår en teori, att partiklar af glödande vätagas, elektricerade genom häftiga utbrott, skulle drifvas från solen mot gränserna af jordens atmosfär.

Mührys åsigt är, att den sökta orsaken ligger i solens strålning mot jordytan.

Lüddens finner den uti vattenångans friktion mot torr luft.

Ibland dessa olika åsigheter, synes *Peltiers* mest förtjena uppmärksamhet, isynnerhet emedan den är grundad på ett verkligt faktum nämligen: jordens negativt elektriska tillstånd. Under det vi antaga följderna af detta faktum är det likväl nödvändigt att taga hänsyn till andra verksamma orsaker, hvilka utöfva ett stort inflytande på detta fenomen.

Denna viktiga *frågas närvarande ställning* har blifvit särdeles väl utlagd af *Tait* på följande sätt:

»Om vi antaga att molnen äro elektricerade, så kunna vi lätt och direkt förklara alla de vanliga företeelserna vid åskväder, genom de kända lagarna för den statiska elektriciteten. Vi finna der en säker grund för vår kunskap, men det är väsentligen olika om vi vilja gå saken närmare på lifvet och uppsöka källan till den atmosfäriska elektriciteten.»

»En orsak till de svårigheter, hvilka der möta oss är lätt att se. Det är den ofantliga skola, i hvilken de meteorologiska företeelserna försiggå. De verkningar, hvilka uti våra laboratorieförsök, huru väl inrättade de än må vara, undgå vår mest ansträngda uppmärksamhet, kunna i naturen utöfva ett utomordentligt inflytande.»

Tait framhåller såsom exempel det stora mekaniska arbete, som är lika gällande med det värme, hvilket behöfves för att afdunsta vatten. För att bringa en enda kilogram vatten till ånga, behöfves

en värmemängd som motsvarar arbetet af en ång-hästkraft (75 kgrm.) under *en timme*. Detta värme återgifves när vattenångan kondenseras och den erhållna kilogrammen vatten skulle betäcka, om den utbreddes på marken, en yta af en kvadratmeter till en höjd af 1 millimeter. Således representerar ett regn, som till en höjd af 1 millimeter betäcker jordytan, en hästkraft under en timme för hvarje kvadratmeter. För en kvadratkilometer (1 million kvadratmeter) fordras sålunda en million hästkrafter för en timme. Det skulle ej finnas rum för en million hästar på en kvadratkilometer!

Denna beräkning visar att vi kunna förklara äfven de häftigaste stormar genom den energi, som tillföres oss genom kondensationen af den för ett ganska litet regn nödiga vattenånga.

Den moderna teorin för gaserna visar oss att vattenmolekylerna äro till den grad små att deras antal i en vattendroppe (9 cmm) uppgår ända till 300 millioner billioner; om hvarje molekyl hade varit elektriserad till samma potential och alla derefter förenade till en enda droppe, så skulle droppens potential varit 50 billioner ggr större.

Vi se sålunda, att om en orsak förefinnes, hvilken kan elektricera ångpartiklarna till en potential så liten att den icke kan spåras äfven på det känsligaste instrument, en hoppyttring af dessa partiklar till en droppe skulle kunna förklara äfven den största laddning hos ett åskmoln.

Tait gör vidare reda för experiment, hvilka han anställt, för att frambringa elektriska verkningar genom att hastigt kondensera vattenångor på metall-plattor i beröring med en elektrometer. Ledd af tanken att blotta beröringen mellan vattenmolekyler och luftpartiklar, skulle förmå frambringa en elektrisk potential, analog med den, som framträder vid Voltas försök, utförde han dessa försök med omsorg utan att dock erhålla en definitiv lösning, och hans åsigt är därför att försöken måste utföras i mycket stor skala för, att gifva det sökta resultatet.

Angående de ofvan citerade försöken af Blake (34) och Kalischer, uttalar han sig så: »att deras försök städse blifvit utförda i en skala, som varit alltför liten för att gifva afgörande resultat. Af det som blifvit sagdt, angående det ofantliga antalet ångpartiklar uti en regndroppe framgår att hela laddningen uti några kubik decimeter fuktig luft skall undgå iakttagelsen.»

»Frågan skall kvarstå i detta stadium ända till dess man finner de nödiga medlen för att utföra de ytterst fina försöken på ett sätt, som ensamt lofvar framgång, nemligen i en skala större än som står i en enskild forskares magt att använda.»

»Frågan är af synnerlig vikt, icke allenast för vetenskapen utan ock för det praktiska lifvet och måste lösas genom medel, hvilka endast en stor och rik nation kan åstadkomma.»

Not. XVI. (Sid. 91.)

Edlunds afhandlingar i detta ämne äro publicerade uti Svenska Vetenskapsakademiens Handlingar, Bd 16 n:o 1 1878 och Ibid, Bd 20. n:r 7 1884. I den första afhandlingen behandlas den unipolära induktionens grundfenomen och tillämpas på jorden, med iakttagande af jordmagnetismens egendomliga fördelning. I den senare bestämmes kraftens storlek.

För att förtydliga de verkningar, som den unipolära induktionen framkallar, skola vi närmare undersöka de härvid verksamma krafterna.

Tänka vi oss en elektrisk molekyl m vid lat. φ på afståndet d från jordytan, så är denna molekyl underkastad följande krafter:

1:o) Till följd af den unipolära induktionen drifves molekylen m i en riktning, belägen i vertikal-planet, vinkelrät mot inklinations-nälens axel. Kallas denna kraft ε och det motstånd, som luften utöfvar mot molekylen rörelse γ , så blifver uttrycket för denna kraft

$$\frac{\varepsilon}{\gamma} = F$$

2:o) Jordens negativa elektricitet utöfvar på m en attraktion i vertikal led, hvars storlek må kallas ε' och luftens motstånd i samma riktning γ' ; uttrycket för denna kraft blifver således

$$\frac{\varepsilon'}{\gamma'} = F'$$

Kraften F har en komposant i vertikal led, hvars storlek är $F \cos i$, då med i betecknas inklinationen. Denna komposant blifver allt mindre ju mera latituden ökas och är tydligen = 0 i de magnetiska polerna.

Hela uttrycket för den i vertikal led verksamma kraften blifver således

$$F \cos i - F'$$

Uti en senare afhandling har Edlund redogjort för en af honom utförd bestämning af kraften F eller riktigare ε . Det erhållna värdet var 0,0231 D = 0,0256 Volt för hvarje meter höjddifference i eqvatorns omgifning.

Enligt all sannolikhet tilltager kraften ε' mot högre latituder. En approximativ bestämning af dess storlek har visserligen blifvit utförd af W. Thomson, men då vi ej känna kraftens variationer, så kan en diskussion ej leda till något säkert mål.

Så mycket kunna vi dock på förhand inse, att F och F' äro storheter af samma ordning.

Sammanställas de begge krafterna, så fås resultanten

$$Y^2 = F^2 + F'^2 - 2FF' \cos$$

och den vinkel A, som resultanten bildar med vertikalen

$$\sin A = \frac{F}{Y} \sin i$$

Vore $F = F'$ så vore tydligen den unipolära induktionens verkan kompenserad och ingen uppstigning af elektricitet skulle inträffa; vore åter $F' = 0,5 F$ så skulle vinkeln A blifva 90° , då inklinationen vore 60° , hvilket inträffar i Europa vid omkring 45° nordlig lat., i Amerika vid omkring 30° lat.

Uti sina ofvanstående afhandlingar tager Edlund *endast* i betraktande unipolära induktionen och finner, på grund af sina beräkningar, ej allenast källan till luftelektriciteten utan ock till dess fördelning inom atmosfären ligga i denna kraft, jemte de variationer, som atmosfärens ledningsförmåga är underkastad.

Den unipolära induktionen verkar enligt vår åsigt till *direkt* produktion af elektricitet i atmosfären endast i ekvatorial-trakterna. Den verkan vi för öfrigt tillskrifva den samma framgår ur vår framställning i texten.

Not. XVII. (Sid. 96.)

Detta sätt att resonnera är endast i det fall tillämpligt, att de begge elektriska fluida äro fullkomligt fria och utbredda öfver ytor, hvars dimensioner äro små i förhållande till afstånden. Uti närvarande fall är kraftens förökning mellan de begge sfererna vid punkten *a* något mindre, hvilket ock tages i betraktande vid tillämpningen.

En fullständig utveckling af denna fråga finnes af mig publicerad uti Arch. des Sciences phys. et nat. de Genève. Jan. 1876.

Not. XVII a. (Sid. 118.)

Uti ett kortare meddelande i »Nature Vol. XXX p. 80 »Auroral researches in Iceland» gör Tromholt reda för försök, hvilka af honom blifvit utförda på Island i mars 1884.

Tromholt hade uppställt en utströmningsapparat på Mount Esja 2,500 fot högt, omkring 14 kilometer från Reykjavik.

Med *blotta* ögat kunde *han ej se något ljusfenomen* och det synes som om han ej medfört *spektroskop*.

Detta försök är utfördt under så ogynsamma omständigheter att Tromholt enligt min erfarenhet omöjligt kunde få se något ljusfenomen, frambragt af utströmningsapparaten. Skälen dertill äro följande

1:o Våren 1884 var i högsta grad ogynsam för dylika försök, hvilket ock af T. erkännes, men hvilket än tydligare ådagalägges af de försök, som samtidigt utfördes i Sodankylä och Kultala.

2:o Tromholt utförde försöket vid en så framskriden årstid, att dagsljuset om afton och morgon redan hade en stor intensitet att det kunde alldeles fördunkla de väntade svaga ljusfenomenen.

3:o Afståndet mellan Mount Esja och Reykjavik är alldeles för stort, för att ett så svagt ljus, som det ifrågavarande skulle kunna iakttagas. Jag har aldrig sett detta ljus i form af stråle på längre afstånd än 4 kilometer och Tromholt befann sig på ett afstånd af 14 kilometer. På detta afstånd är ljusets intensitet redan blott $\frac{1}{12}$ af den ursprungliga. Af de i texten (sid. 117) omnämnda observationer af Roos framgår att en förökning i afståndet af 1,11 kilometer är tillräcklig för att fördunkla ett ljusfenomen, som tydligt visar sig på ett afstånd af 1,54 kilometer.

4:o Då ifrågavarande ljusfenomen, i form af diffus flamma, är betydligt svagare än i form af stråle, så var det än mera omöjligt att detta ljus kunde ses, isynnerhet då det utmärkta medel, som föreligger i spektroskopet, saknas.

Tromholt ordar ock i en annan uppsats (Nature Vol. XXIX p. 537) om undersökningar, utförda medels en utströmningsapparat på en höjd af 40 fot öfver hafvet. Då intet uppgifves angående använda instrument, så kan man ej ur dessa försök draga någon säker slutsats. Dock bör märkas att det icke lyckats mig att erhålla något säkert utslag på galvanometern med en liten apparat, som i Sodankylä var uppställd på omkring 33 meters höjd öfver marken, ej heller med en annan invid jordytan; Sodankylä station är dock belägen 181,1 meter öfver hafvet och deraf inses lätt att Tromholt ej gerna kunde erhålla några resultat.

På grund af den erfarenhet Tromholt sålunda förvärfvat, har han i ett populärt arbete »Under nordlysets stråler» skyndat sig att (pag. 458) uttala ett förringande omdöme om resultatet af den finska polarexpeditionens observationer våren 1884. Han säger att dessa resultat äro »svaga och osäkra» hvad beträffar ifrågavarande ljusfenomen, som frambringas af utströmningsapparaten. På samma sida söker han äfven förringa betydelsen af de spektroskopiska undersökningarna, anförande att man ej sällan kan iakttaga norrskenets karakteristiska linie i alla möjliga riktningar, utan att något polarljus är synligt.

Mot ett sådant sätt att bedöma vetenskapliga observationer, hvilka med möda och besvär blifvit insamlade, nödgas jag inlägga en allvarlig protest. Tromholt har ej gifvit sig tid att invänta den fullständiga publikationen af alla hithörande observationer, utan han

har ännu dertill, af skäl, som för mig äro obegripliga, tolkat de redan publicerade data på ett alldeles *vilseledande* sätt.

Observatörerna i Sodankylä hafva aldrig låtit ett sådant fel komma sig till last att utgifva sig hafva iakttagit norrskensreaktion från en utströmningsapparat, då den *kunnat* härleda sig från det fenomen, som ej sällan iakttofs, nemligen norrskens-reaktion i alla riktningar utan synligt norrsken. Det första, som gjordes var en fullständig spektroskopisk undersökning af himmel och jord i alla möjliga riktningar.

Lyckligtvis komma de fullständiga observationerna snarligen ut och då hoppas jag inom den vetenskapliga världen erhålla ett rättvist och på sakkännedom grundadt omdöme.

Not. XVIII. (Sid. 128.)

Ett viktigt skäl för den åsigt, att elektriciteten ej når alltför högt i atmosfären, förefinnes ock i den omständigheten att elektriciteten redan i lägre regioner, som äro relativt goda ledare blifver underkastad krafter, hvilka föra den mot jordens poler.

Not. XIX. (Sid. 130.)

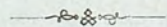
Uti sin redan citerade afhandling, om Norrskenen i Behringsund, säger Nordenskiöld att han aldrig erhållit den karakteristiska norrskenslinien i lägre luftlager; hvarken omkring bergtoppar eller annanstädes från snön omkring observationsorten.

Han anmärker vidare att man om dagen ser en väl begränsad linie, hvars midt faller ungefär vid $\lambda = 585$. Då man *möjligen* kunde falla på den tanken att denna linie, som bildas af 2:ne starka absorptionsband, skulle kunnat förväxlas med norrskenslinien, så må det nämnas att jag i en afhandling från 1873 fäst uppmärksamhet vid denna linie och äfven bestämt dess våglängd, men då densamma tydligen finnes framställd i »le Spectre Normal» af Ångström ($\lambda = 5785 - 5880$) så har denna bestämning ej vidare intresse.

Då denna linie endast synes vid dagsljus och städse visar ett alldeles lugnt ljus, hvaremot norrskenslinien alltid, då jag iakttagit den, visat ett rörligt ljus och är belägen ($\lambda = 5570$) på ett betydligt afstånd ifrån den förstnämnda, så är förväxling mellan dessa linier rent af omöjlig.

Not. XX. (Sid. 132.)

Uti en följd af skrifter, publicerade i Comptes Rendus des sciences de l'Acad. des Sciences (från aug. 1883 till april 1884) har Quet sökt framvisa möjligheten af en direkt inverkan från solen. En diskussion af de antaganden, ifrån hvilka förf. utgår, skulle dock här föra oss alltför långt.



Citerade arbeten.

1. *Dellman*, Zeitschrift für Math. und Phys. 6:te Jahrg. 1861.
2. *Saussure*, Arch. des Sciences phys. et nat. de Genève. T. XXXI et T. XLI.
3. *Roller*. C. R. 1872.
4. *Fritz*, Das Polarlicht. Leipzig Brockhaus 1881.
5. — — Die Beziehungen der Sonnenflächen zu den magn. und meteor. Erscheinungen der Erde.
6. *Müller*, Die Kosmische Physik.
7. *Loomis*, "The aurora borealis". Rep. of Smiths. Inst. 1865.
- 7a. *Köppen*, "Nature" 1874 pp 184—85; Zeitschr. Meteor.: VIII. Wien 1873.
- 7b. *Meldrum*, On a periodicity etc. Britt. Assoc. Rep. XLII 1872, Nature VI 1872 pp. 357—8.
8. *Lemström*. Finsk Tidskrift 1878.
9. *Nordenskiöld, A. E.*, Om norrskenen i Behringsund. Vega exp:s vet. arb., Ann. de Ch. et de Phys. 1883. trad. de Saporta.
10. *Tromholt, S.*, Sur les periodes de l'aurora boréales. Om nordlysets perioder. Köbenhavn 1882. Hamberg et C.o.
11. *Bergman, T.*, Opuscula, Vol. V. Sv. Vet.:s Akad.:s Handl. Bd 26.
12. *Gaimard, P.*, Voyages en Scandinavie etc. 1838—40. Aurores boréales. Lottin, Bravais Liljehöök et Siljeström.
13. *Weyprecht*. Die nordl. Beob. der Austr.—Ung. Exp. Wien 1878.
14. *Wijkander*, Öfvers. af Sv. Vet. Akad.:s Förh. 1874.
15. *Fritz*, Bulletin de la Comm. int. polaire 1882.
16. *Poulsen*, Resumé de l'exp. pol. danoise Copenhague 1884.
- 16b. *Rand Capron*, Philos. Mag. for May 1883.
17. *Erman et Petersen*, Grundlagen der Gauss. Theori und die Erscheinungen des Erdmagnetismus im Jahre 1829. Berlin 1874.
18. *Raulin*, Etudes sur le Magnétisme terr. Paris 1867.
19. *Wijkander*, Observations Magnétiques. Sv. Vet. Akad.:s Handl. Bd 13 n:o 15 och Bd 14 n:o 15.
20. — — Observations météorologiques. Ibid. Bd 12 n:o 7.
21. *Wild, H.*, Magnetische Ungewitter. Mem. de l'Acad. des Sc. de St Petersburg.
22. *Lamont*, Die Erdstrom. Leipzig 1862.
23. *Airy, G. B.*, Phil. Trans. 1868. Vol. 158 pars. II.
24. *Wild, H.*, Melanges Phys. och chim. St Petersburg 1883.
25. *Blavier, E. E.*, Etudes des courants telluriques.
- 25a. *Chambers*, Phil. Transactions 1863 p. 503.
26. *Rand Capron*, "Aurora and their spectra". London 1879.
27. *Vogel*, Pogg. Ann. CXLVI 1872, n:o 8 p. 569.
28. *Mairan*, "Traité de l'aurora boréale".
29. *Groenemann*, Astron. Nachr. 1874.

30. *De la Rive*, Archive de Genève 1862.
 31. *Edlund, E.*, Recherches sur l'ind. unipolaire l'electricité atm. et l'aurore boréale. Actes de l'Acad. des Sc. du Suède T 16 n:o 1 1878.
 32. — — Sur la Grandeur de l'ind. unip. Ibid. T. 20 n:o 7.
 33. *Tait*, "Nature" marche 27 1884.
 34. *Blake, L. J.*, Ann. der Phys. und Ch. Bd XIX (255) 1883 pp. 519.
 35. *Palmieri*, Rendic. di Nap. 1862 pp, 58. Ann. Vesuv. III p. 69.

Anmärkta tryckfel.

Sid.	rad.	15 nedifrån står:	utgjorde	läs: utgör
"	20	" 8 "	tillägg i slutet:	(7a, 7b)
"	"	" 30 "	de	den
"	23	" 13 uppifrån "	fig. 2 sid. 24	fig. 5 sid. 50
"	26	"	tillägg efter rubriken 4: (9)	
"	29	"	i slutet af första stycket: (Not. II	
"	31	" 8 "	(6)	läs: (6)
"	34	" 1 nedifrån "	(11)	(4)
"	39	" 8 "	tillägg: (Not. VI)	
"	61	" 16 "	1,3	läs: 1,3 meter.
"	62	" 6 "	strömningarna	störingarna
"	63	" 2 "	framhåller	framställer
"	71	" 1 "	XI	XII
"	90	" 2 "	(36)	(35)
"	103	" 4 "(inot.)"	Coo	Cos
"	108	" 3 uppifrån "	Kaltara	Kultala
"	118	" 13 "	a	af
"	"	" 9 nedifrån "	tillägg:	(Not. XVII a
"	"	" 5 "	bakom	framför
"	145	" 16 uppifrån "	Not. II	Not. III
"	154	Not. VIII "	Moteneris	Mateucci

Pris: 4 kronor.